

Dk 6867

BA-TH 360

CIRAD-EMVT  
Campus de Baillarguet  
B.P. 5035  
34032 MONTPELLIER Cedex 1

Ecole Nationale Vétérinaire  
d'Alfort  
7, avenue du Général de Gaulle  
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

Institut National Agronomique  
Paris-Grignon  
16, rue Claude Bernard  
75005 PARIS

Muséum National d'Histoire Naturelle  
57, rue Cuvier  
75005 PARIS

---

**DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES  
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES**

---

**MEMOIRE DE STAGE**

EVALUATION D'UN OUTIL DE GESTION DE LA  
RESSOURCE LIGNEUSE : L'INDICE  
D'ABROUTISSEMENT.

CAS DE *Dichrostachys cinerea*, ZIMBABWE.

*par*

*Audrey IPAVEC*

CIRAD-Dist  
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE  
Baillarguet

Année universitaire 1998-1999



\*000001231\*

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES  
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

---

EVALUATION D'UN OUTIL DE GESTION DE LA  
RESSOURCE LIGNEUSE : L'INDICE  
D'ABROUTISSEMENT.

CAS DE *Dichrostachys cinerea*, ZIMBABWE.

*par*

*Audrey IPAVEC*

**Lieu de stage :** Zimbabwe

**Organisme d'accueil :** CIRAD-EMVT

**Période de stage :** 21 Avril – 21 octobre 1999

**Rapport présenté oralement le :** 7 décembre 1999

*"What is man without the beasts?  
If all the beasts were gone,  
Man would die from a great loneliness of spirit,  
For whatever happens to the beast  
Also happens to the man.  
All things are connected.  
Whatever befalls the Earth,  
Befalls the sons of the Earth".*

**Chief Seathl**, a North American Indian,  
in a letter to the President of  
the United States of America, 1855.

# Remerciements



Je suis particulièrement reconnaissante à Monsieur Dominique DULIEU, qui m'a accueillie au sein de son équipe du CIRAD-EMVT au Zimbabwe, encouragée et soutenue tout au long de ces 6 mois de stage. Que l'aventure continue ...

Je tiens tout spécialement à remercier Mademoiselle Hélène LERICHE, responsable de mon stage, pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser ce rêve de petite fille : allier travail et passion. Les charges du vieux buffle solitaire et de mon "premier" éléphant resteront à jamais gravées dans ma mémoire!

Merci également à Messieurs Hervé FRITZ et Gérard DUVALLET pour leur disponibilité, leur patience, leur écoute et les discussions enrichissantes zimbabwéennes, parisiennes et montpelliéraines ainsi qu'à toute l'équipe d'enseignement du CIRAD-EMVT.

Je tiens également à remercier Monsieur Luc ABBADIE pour m'avoir, une fois de plus, supportée quelques temps dans les couloirs du Laboratoire d'Ecologie de l'ENS.

J'ai eu un extrême plaisir à passer ces 6 mois (trop vite écoulés) dans ce pays d'une richesse humaine et animale fabuleuse. Ils y ont tous contribué :

- ☞ Monsieur Claudio DEMBEZEKO et toute la Mukuvisi Team (Dave, Lenard, Charly, Joseph ...) : travailler avec eux fut un véritable bonheur.
- ☞ Felix MURINDAGOMO pour m'avoir autorisée à réaliser quelques prélèvements à Hwange.
- ☞ Billy BUTETE : aide précieuse, sa gentillesse et sa bonne humeur n'ont d'égales que sa générosité.
- ☞ Nicolas GAIDET : il s'est révélé être un ami sincère ; même si j'ai résisté le plus longtemps possible, sa passion pour les oiseaux s'est révélée contagieuse ! Je garde en souvenir d'excellents moments ; notamment, un petit-déjeuner dans la Vallée, où j'ai pu assister à une véritable leçon sur la dégustation des céréales !
- ☞ Mathieu BOURGAREL : Ah, Mathieu, Mathieu !! Assister au bain de 80 éléphants, attendre les girafes au point d'eau, titiller le pachyderme (je pense avoir battu très largement le record d'apnée! Jacques Mayol n'a plus rien à m'apprendre), passer une semaine à réaliser les comptages, croiser des Gemsbok, piquer des fous rires ... Un seul mot-clé : Merci.

☞ l'équipe de Mushumbi Pools, Steve, Pascal, Egison, Everisto, Claudius, Papa Mike, et plus particulièrement Juliet et Whisky November.

☞ Pierre POILECOT : autant j'ai réussi à retenir quelques noms de Bravo Papa (comprenez Bordels à Plumes) autant la diversité végétale a eu raison de moi !

Si les remerciements s'écrivaient en trente pages, je citerais également : Xavier (The Shona Guy), Bruno (Mister Map), Stéphanie (The Voice), Cécile, Sandra, Craig, Mélanie, Trudy, George (alias Ricky), Evelyn (Manzuiiiiiiiiiiiiiii?), Stan, Joram, Manzui, Emmanuelle, Karine (je te le promets, un jour, je te réciterai SAS), Sébastien, Daniella ...

Reconnaissance toute spéciale à ma famille et à mes amis pour leurs encouragements et le soutien qu'ils me témoignent chaque jour.

*Maita bassa*

## RESUME

Le Zimbabwe, pays d'Afrique australe, promeut une gestion réfléchie et adaptée de ses ressources naturelles, végétales ou animales. Essayant de concilier exigences socio-économiques et préservation du patrimoine, les programmes de conservation de la biodiversité tentent d'intégrer une utilisation fertile de la faune sauvage. L'écologie des herbivores sauvages, et particulièrement des ongulés, a fait l'objet de nombreuses recherches. Dans une perspective d'exploitation optimale des ressources végétales, tous ces travaux tendent à confirmer les potentialités naturelles substantielles de ces animaux, *a priori* mieux adaptés que les herbivores domestiques aux habitats avec lesquels ils ont coévolué.

Optimiser ce système herbivore- plante requiert alors la mise au point d'outils prospectifs, tel que l'indice d'abrouissement. Ils permettraient d'évaluer l'état de la végétation ligneuse, axe primordial des stratégies alimentaires des herbivores brouteurs stricts et mixtes. Appliqué à *Dichrostachys cinerea*, espèce ligneuse de la famille des *Mimosoidae* et ressource-clé de saison sèche pour ces animaux, l'indice d'abrouissement se calcule en rapportant le nombre de rameaux broutés au nombre total de rameaux.

Compte tenu des résultats, cet indice apparaît comme corrélé de manière significative aux densités en herbivores (comparaison inter-sites) et à une utilisation différente par ces herbivores soit de deux sites distincts sur le ranch de Kelvin Grove soit de deux espèces ligneuses clés, *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica* (comparaison intra-site). Par contre, aucune relation n'a pu être établie entre cet indice et l'une ou l'autre des deux variétés de *Dichrostachys cinerea* (petites et grandes feuilles), coexistant dans la réserve de Mukuvisi Woodland.

Cette première approche laisse entrevoir les améliorations indéniables qu'il faudra apporter pour l'application d'un tel indice : tester d'autres paramètres susceptibles de l'influencer tels que la pluviométrie ou la nature et la texture du sol, définir un plan d'échantillonnage pour une approche meilleure de la notion d'indice ...

Néanmoins, dans des perspectives de conservation de la faune sauvage ou d'augmentation des productions animales, l'indice d'abrouissement devrait permettre d'optimiser l'utilisation de la ressource ligneuse.

**Mots-clés** : azote organique, carbone organique, *Dichrostachys cinerea*, herbivore, indice d'abrouissement, ongulé, ressource ligneuse, Zimbabwe

# Liste des figures et des tableaux

Figure 1. Localisation du Zimbabwe, Afrique Australe.

Figure 2. Localisation des sites d'étude.

Figure 3. Caractéristiques des sites d'étude.

Figure 4. Caractérisation de la végétation des deux sites de prélèvement, ranch de Kelvin Grove.

Figure 5. Herbivores considérés dans cette étude.

Figure 6. *Dichrostachys cinerea*, ranch de Gonono, Vallée du Zambèze.

Figure 7. Inflorescences de *Dichrostachys cinerea*, Mukuvisi Woodland, Harare.

Figure 8. Rameau de *Dichrostachys cinerea* brouté (cicatrice nette), Mukuvisi Woodland, Harare.

Figure 9. Résultats pour les variables considérées (densité en herbivores, IA, teneur en carbone et azote organiques foliaires).

Figure 10. Comparaison inter-sites.

Figure 11. Indice d'abrouissement observé sur les deux sites de Kelvin Grove (espèces indifférenciées).

Figure 12. Indice d'abrouissement mesuré sur les deux espèces ligneuses considérées *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica*

Figure 13. Teneurs en carbone et en azote organiques foliaires mesurées sur les deux sites de Kelvin Grove (*Dichrostachys cinerea*).

Figure 14. Variétés de *Dichrostachys cinerea* dites à "grandes" et à "petites" feuilles, Mukuvisi Woodland.

Figure 15. Description d'une feuille de *Dichrostachys cinerea*

Figure 16. Résultats significatifs pour les trois variables considérées (longueur des folioles, longueur et largeur des foliolules).

Tableau 1. Densités en herbivores des sites d'étude.

Tableau 2. Comparaison inter-sites, caractéristiques des modèles.

Tableau 3. Comparaison inter-sites : corrélation composition chimique IA non significative.

Tableau 4. Caractéristiques des régimes alimentaires (saison sèche) des herbivores considérés.

Tableau 4'. Indice d'abrouissement moyen (IA), densités brute et ajustée par site.

Tableau 5. Comparaison inter-sites : indice d'abrouissement des deux espèces ligneuses *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica* des deux sites de Kelvin Grove.

Tableau 6. Proportion des espèces de ligneux dans le régime alimentaire (%) des koudous et des impalas.

Tableau 7. Comparaison de variétés : caractéristiques des modèles.

Tableau 8. Caractéristiques moyennes des deux variétés de *Dichrostachys cinerea*

## RESUME ET MOTS-CLÉS

INTRODUCTION	1
--------------	---

## PARTIE I : Présentation du Zimbabwe 4

<u>I. 1. HISTORIQUE</u>	4
-------------------------	---

<u>I. 2. GEOGRAPHIE</u>	7
-------------------------	---

<u>I. 2. 1. Topographie</u>	7
-----------------------------	---

<u>I. 2. 2. Climat</u>	7
------------------------	---

<u>I. 3. LES GRANDS TYPES DE VEGETATION</u>	8
---	---

<u>I. 4. CADRE ADMINISTRATIF</u>	8
----------------------------------	---

<u>I. 5. ECONOMIE</u>	8
-----------------------	---

## PARTIE II : Cadres Institutionnel et Méthodologique 10

<u>II. 1. CADRE INSTITUTIONNEL</u>	10
------------------------------------	----

<u>II. 1. 1. Cadre général</u>	10
--------------------------------	----

<u>II. 1. 2. Le CIRAD-EMVT et ses projets au Zimbabwe</u>	10
---	----

<i>II. 1. 2. a - Mukuvisi Woodland - "INCO-DC"</i>	11
--	----

<i>II. 1. 2. b - Ranch d'impala, Gonono - "Biodiversité"</i>	11
--	----

<i>II. 1. 2. c - Kelvin Grove - "Ecologie comparée"</i>	12
---	----

<i>II. 1. 2. d - Parc National de Hwange</i>	13
--	----

<u>II. 2. CADRE METHODOLOGIQUE</u>	13
------------------------------------	----

<u>II. 2. 1. Sites d'étude</u>	13
--------------------------------	----

<i>II. 2. 1. a - Pédologie</i>	17
--------------------------------	----

<i>II. 2. 1. b - Végétation</i>	18
---------------------------------	----

<i>II. 2. 1. c - Herbivores</i>	20
---------------------------------	----

<u>II. 2. 1. Matériel et Méthodes</u>	23
<i>II. 2. 2. a - Espèce ligneuse étudiée; Dichrostachys cinerea</i>	23
<i>II. 2. 1. b - Teneurs en carbone et azote organiques foliaires</i>	26
<u>II. 2. 3. Analyse des résultats</u>	26
<b><u>PARTIE III : Indice d'Abrouissement: Outil Fiable?</u></b>	27
<b><u>Chapitre 1: Comparaison inter-sites</u></b>	27
<u>III. 1. 1. INTRODUCTION</u>	27
<u>III. 1. 2. MATERIEL ET METHODES</u>	29
<u>III. 1. 3. ANALYSE DES RESULTATS</u>	29
<i>III. 1. 3. a - Validation du choix des sites</i>	29
<i>III. 1. 3. b - IA et composition chimique</i>	31
<i>III. 1. 3. c - IA et densité en herbivores</i>	31
<u>III. 1. 4. CONCLUSION</u>	34
<b><u>Chapitre 2: Comparaison intra-site</u></b>	35
<u>III. 2. 1. INTRODUCTION</u>	35
<u>III. 2. 2. MATERIEL ET METHODES</u>	35
<u>III. 2. 3. ANALYSE DES RESULTATS</u>	36
<i>III. 2. 3. a - Espèces et sites indifférenciés</i>	36
<i>III. 2. 3. b - Site 1 vs Site 2</i>	36
<u>III. 2. 4. CONCLUSION</u>	38

<b><u>Chapitre 3: Comparaison des Variétés</u></b>	39
<b><u>III. 3. 1. INTRODUCTION</u></b>	39
<b><u>III. 3. 2. MATERIEL ET METHODES</u></b>	41
<i>III. 3. 2. a - Données biométriques</i>	41
<i>III. 3. 2. b - Indice d'abroutissement</i>	41
<i>III. 3. 2. c - Composition chimique foliaire</i>	41
<b><u>III. 3. 3. ANALYSE DES RESULTATS</u></b>	43
<i>III. 3. 3. a - Données biométriques</i>	43
<i>III. 3. 3. b - IA et variété</i>	43
<i>III. 3. 3. c - Composition chimique des feuilles</i>	43
<b><u>III. 3. 4. CONCLUSION</u></b>	46
<b>DISCUSSION</b>	47
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	51
<b>ANNEXES</b>	

**CIRAD-Dist**  
UNITÉ BIBLIOTHÈQUE  
Baillarguet

# INTRODUCTION

"Gestion optimale des ressources naturelles" : voilà un bien grand défi à relever à l'approche de ce nouveau millénaire. La conservation de la biodiversité, telle qu'elle est envisagée depuis la ratification en novembre 1994 de la Convention sur la diversité biologique, relève de la compatibilité entre les exigences socio-économiques et la nécessité pour une humanité, croissant en nombre et dont les besoins divers (loisirs, nourriture, matières premières) se multiplient, de préserver "ses" ressources naturelles (Barbault, 1995).

En Afrique australe, située en zone aride ou semi-aride, une gestion non maîtrisée des ressources couplée à la dégradation des écosystèmes représente l'un des principaux freins à un développement durable pour les communautés humaines (Aubin, 1997). Le Zimbabwe, situé aux tout premiers rangs des pays africains en matière de conservation de la nature, est le pionnier dans le domaine des "programmes intégrés", voués justement à accorder conservation et développement en prônant une approche globale de la gestion du patrimoine (Chardonnet *et al.*, 1995). Tourisme de chasse ou de vision, élevages, commerce sont autant d'activités qui intègrent la faune sauvage, à la fois support de développement et objet de conservation, au secteur économique de ce pays novateur.

Partie intégrante de ce programme, l'écologie des herbivores sauvages constitue un pôle de recherche considérable. *A priori* mieux adaptés que les herbivores domestiques aux habitats avec lesquels ils ont coévolué (Aucamp, 1976), ces herbivores, et plus particulièrement les ongulés, apparaissent comme étant les plus aptes à valoriser les ressources naturelles (Walker, 1979). C'est pourquoi ils ont mobilisé et mobilisent encore la majorité des sujets d'étude, intervenant à diverses échelles :

\* échelle de l'espèce avec les recherches sur :

- leur comportement alimentaire (Dunham, 1980, 1982 ; Prunier-Etienne, 1985 ; Fritz & de Garine-Wichatitsky, 1996) ; qu'il s'agisse de leurs préférences (Owen-Smith & Cooper, 1987b ; Vittrant, 1997) ou de la façon dont ils partagent la ressource avec le bétail dans un ranch mixte (Fritz, 1995a)
- leurs adaptations aux systèmes défensifs des plantes (Ipavec, 1999), *i. e.* processus de détoxication des tanins (Bryant *et al.*, 1991)

\* échelle de la population avec l'estimation :

- de leur biomasse (Coe et al., 1976 ; Fritz & Duncan, 1994), *i. e.* en terme de productivité (Teer, 1991)
- du nombre d'individus (Bourgarel, 1997) impliquant notamment la validation de méthodes de comptage (Hibert, 1998)

\* échelle de l'écosystème avec la détermination de :

- leur distribution (Bergström & Skarpe, 1999)
- leurs préférences d'habitats (du Toit & Owen-Smith, 1989 ; de Garine-Wichatitsky, 1993 ; Fritz, 1995a)
- leur influence sur la composition spécifique des communautés végétales (Augustine & McNaughton, 1998)
- leur rôle dans le système herbivore- plante (du Toit, 1990 ; Ducornez, 1994).

Tous ces travaux mettent en exergue les potentialités naturelles de ces herbivores sauvages dans une perspective d'exploitation optimale des ressources végétales, piliers des écosystèmes tropicaux.

Dans ce système herbivore - plante, gérer et conserver les écosystèmes requièrent la mise au point d'outils prospectifs, permettant d'évaluer l'état de la végétation. Dans cette optique couplée à une volonté de valoriser au mieux les ressources végétales par un *ranching* mixte d'herbivores sauvages et domestiques, l'indice d'abroutissement a été proposé pour établir le diagnostic d'un couvert végétal soumis à une pression d'herbivorie ; il se calcule ici en rapportant le nombre de rameaux broutés au nombre total de rameaux accessibles et reflète ainsi le taux de consommation de l'arbre considéré. L'utilisation de la ressource ligneuse représente un axe primordial de la stratégie alimentaire des mammifères brouteurs\* (Bodmer, 1990 ; Ducornez, 1994 ; Fritz, 1995a) ou intermédiaires\*\*. C'est principalement pour cela que l'étude s'est focalisée sur une espèce ligneuse *Dichrostachys cinerea*.

Pourquoi cette espèce ? Parce qu'elle constitue une ressource - clé de saison sèche pour les mammifères sauvages herbivores (Walker, 1980 ; Owen-Smith & Cooper, 1985). Intéressés par ses feuilles en début de saison, ils recherchent et apprécient ses gousses, riches en protéines et minéraux en fin de saison (Frost, 1981 ; Owen-Smith & Cooper, 1985 ; Fritz, 1994). De plus, espèce à distribution cosmopolite, elle est capable d'envahir très rapidement les surfaces surpâturées, érodées et les sols âgés dont la couverture herbacée a été détériorée. Néanmoins, seules de rares études s'y sont intéressées.

---

\* herbivores à régime alimentaire très sélectif en faveur des plantes ou parties de plante très nutritives (*i. e.* feuilles et fruits des arbres et arbustes)

\*\* herbivores pouvant alterner entre la consommation de fourrages grossiers (herbacés) et celle de ligneux ; d'après Hofmann & Stewart, 1972 et Hofmann, 1989.

Le rapport se divise en trois parties :

- ☞ présentation des caractéristiques du Zimbabwe et des sites d'étude,
- ☞ mise en place des cadres institutionnel et méthodologique dans lesquels ce travail s'est inscrit,
- ☞ résultats des tests de validité de l'indice d'abrutissement en tant qu'outil de gestion de la ressource ligneuse, notamment lorsqu'il est soumis à une hétérogénéité inter-sites, intra-site et intraspécifique (en effet, dans l'un des sites étudiés, *Dichrostachys cinerease* présentait sous deux variétés distinctes).

# PARTIE I

## PRESENTATION DU ZIMBABWE

Ancienne Rhodésie du Sud jusqu'au 4 mars 1980, le Zimbabwe est un pays enclavé dans l'Afrique australe, bordé à l'est par le Mozambique, au sud par l'Afrique du Sud, à l'ouest par le Botswana et au nord/nord-ouest par la Zambie (Fig. 1). Sur une superficie de 390 624 km<sup>2</sup>, concentration de beautés naturelles et de faune africaine, au climat remarquablement tempéré, il abrite une population de 11 669 000 d'habitants (FAO, prévisions pour l'an 2000) soit une densité moyenne de 29,3 habitants/km<sup>2</sup>.

## I. 1. HISTORIQUE

L'Afrique australe, généralement considérée comme 'le berceau de l'Humanité', aurait accueilli nos très lointains ancêtres. A dater du paléolithique, le premier groupe humain reconnu, les *Boskopoid*, dont seraient issus les *San* actuels (ou *Bochimans*) avait évolué en une société de chasseurs-cueilleurs.

Il y a environ 2400 ans, une agriculture rudimentaire apparut sur les plateaux d'Afrique australe et centrale. L'arrivée de ces agriculteurs marqua l'affermissement de la structure tribale et l'émergence d'une ethnie, désignée par son appartenance au groupe linguistique *Bantou*. Les premiers agriculteurs et artisans du fer constituent la civilisation dite *Gokomere*. Implantés dans la savane tempérée et sur les hautes terres plus fraîches du Zimbabwe, ils furent les tout premiers occupants du site de "Great Zimbabwe", lieu mythique aux origines controversées.

Entre le V<sup>e</sup> et le X<sup>e</sup> siècle, les *Gokomere* et des groupes ultérieurs mirent en œuvre des techniques d'extraction de l'or et fabriquèrent céramiques, sculptures en stéatite, bijoux et étoffes. L'élevage en enclos du bétail devint l'activité principale de la communauté et les groupes *San* antérieurs disparurent progressivement.

Au XV<sup>e</sup> siècle, grâce au commerce de l'or et de l'ivoire, Great Zimbabwe, considéré comme le lieu d'implantation de la communauté *Shona*, devint le centre de la société la plus riche et la plus puissante d'Afrique australe. Au cours du siècle suivant, son influence commença à décliner et ce, pour diverses causes : la surpopulation, l'épuisement des pâturages, les soulèvements populaires et la fragmentation du royaume. Plusieurs dynasties *Shona* furent disséminées et commencèrent alors à se séparer des lignées régnautes pour fonder des états autonomes. La plus importante d'entre elles fut la dynastie *Mutapa* qui occupait les terres du peuple *Karanga*. Après une série d'incursions dans les tribus de la Vallée du Zambèze, elle prit possession de la plus grande partie du Zimbabwe septentrional et oriental. A sa tête, le puissant Mutota, surnommé Mwene Mutapa, "le grand maraudeur", fit prospérer son Empire en contrôlant les routes commerciales reliant le Zimbabwe à la côte de l'Océan Indien.

En 1502, l'explorateur Vasco de Gama débarqua à Sofala, sur la côte du Mozambique et, peu de temps après, lui succédèrent des négociants portugais. Ayant eu connaissance par leur biais de l'existence de richesses illimitées sur le plateau africain et du vaste empire de Mwene Mutapa, le gouvernement portugais dépêcha en 1512 Antonio Fernandez pour vérifier la validité de ces affirmations.

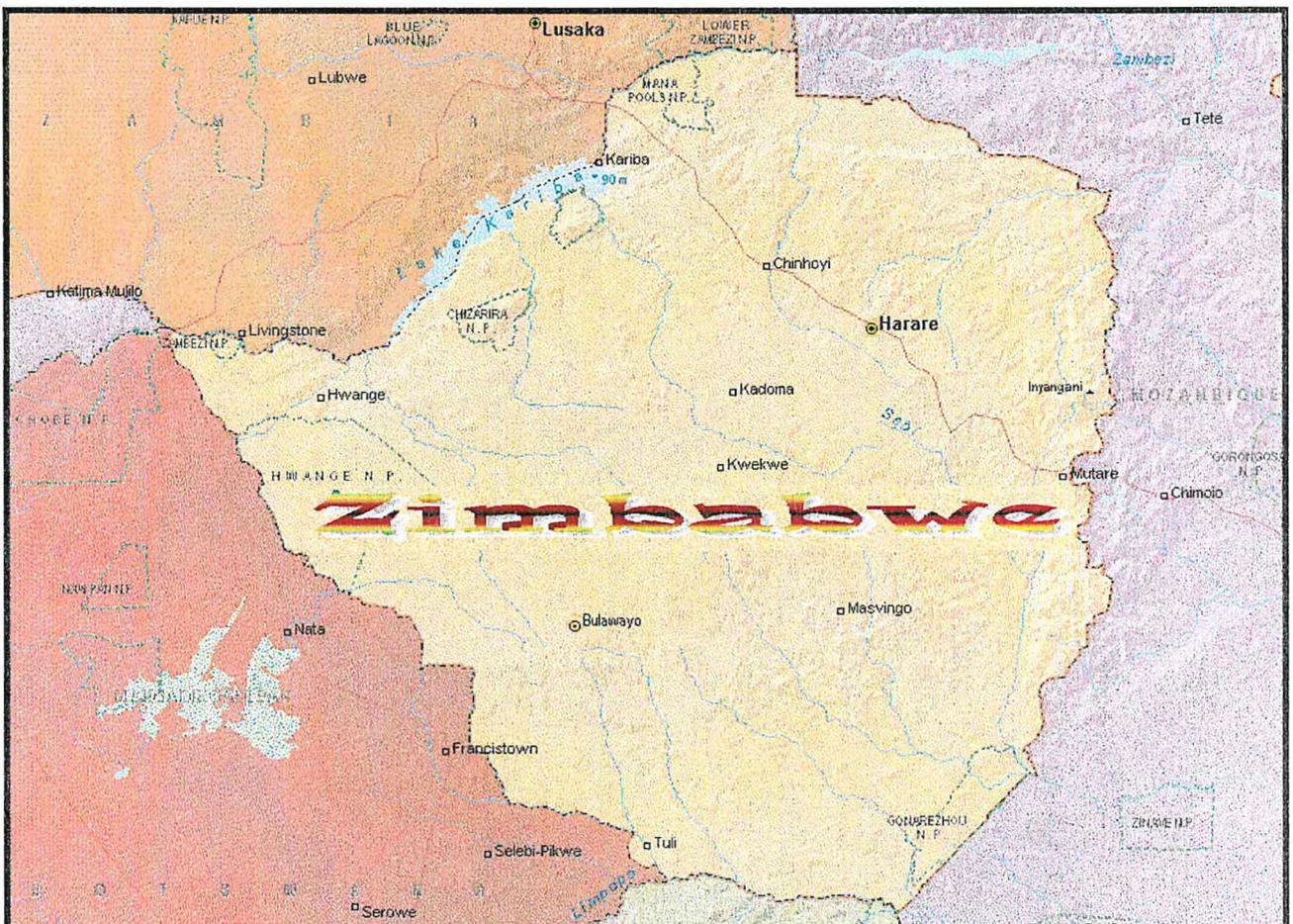
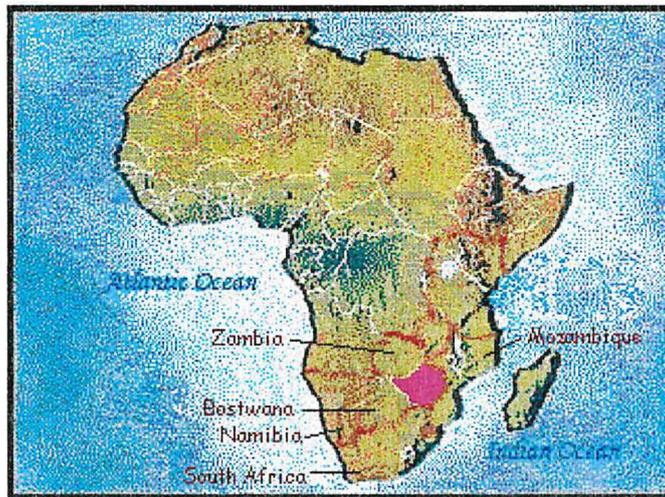


Fig. 1. Localisation du Zimbabwe, Afrique Australe.

S'ensuivirent l'exploitation abusive de l'or par les Portugais, leur intervention dans les luttes politiques, les tentatives de corruption et de manipulation des classes dirigeantes. L'emprise portugaise fut cependant brisée par la dynastie *Changamire*.

Riche exploitant des filons diamantifères d'Afrique du Sud et attiré par les grandes richesses potentielles du pays, Cecil John Rhodes, homme d'affaires et bâtisseur d'empires, décida de renforcer les intérêts de la couronne britannique en même temps que les siens, en négociant en 1888 un accord autorisant l'exploitation minière des terres situées entre le Limpopo et le Zambèze. En 1889, il fonda la *British South Africa Company* qui, l'année suivante, rassemblant une armée de 500 hommes, la "colonne des pionniers", colonisa la plus grande partie du royaume. Fort Salisbury (l'actuelle capitale du Zimbabwe, Harare) vit ainsi le jour. En 1895, le nouveau pays se nomma désormais "Rhodésie", d'après le nom de son fondateur. En 1923, la Rhodésie du Sud fut remise à la couronne britannique. Après l'introduction de l'impôt, mines et fermes exploitèrent la main - d'œuvre africaine au profit du gouvernement blanc. Dans les années 30, la suprématie blanche fut entérinée par une loi de répartition de la terre, le *Land Apportionment Act*, définissant la répartition approximative des terres comme suit :

- \* terres classées réserves nationales : 8,8 millions d'hectares
- \* terres réservées aux Africains : 3,2 millions d'hectares
- \* terres réservées aux Européens : 20,6 millions d'hectares.

En 1953, la Rhodésie du Sud (l'actuel Zimbabwe), la Rhodésie du Nord (l'actuelle Zambie) et le Nyasaland (l'actuel Malawi) se réunirent dans la Fédération de Rhodésie et du Nyasaland qui éclatera en 1963.

En 1965, le gouvernement de Ian Smith, leader du Front Rhodésien, signa la Déclaration Unilatérale d'Indépendance de la Rhodésie du Sud. Dans le pays, les mouvements nationalistes ZANU et ZAPU (*Zimbabwe African National Union* et *Zimbabwe African People's Union*), combattant pour un suffrage universel et la fin du colonialisme, émergèrent.

En 1969, le gouvernement rhodésien renforça sa politique de discrimination raciale avec l'application du *Land Tenure Act*. Les terres les plus fertiles furent redistribuées aux Européens tandis que les Africains se virent confiner dans les zones les plus pauvres, à faible rendement.

En 1975, avec l'Indépendance du Mozambique, la lutte armée s'intensifia.

Le 21 décembre 1979, la guerre cessa avec la signature des Accords de *Lancaster House*. Le mouvement nationaliste en plein essor permit une révision du *Land Tenure Act*, et le vote du *Tribunal Trust Land Act*, censé combattre la discrimination et permettre aux Africains l'acquisition de propriétés hors des zones qui leur étaient réservées.

En 1980, après de nombreux affrontements entre la guérilla nationaliste et l'armée régulière rhodésienne, le pays obtint son indépendance. Il prit le nom de Zimbabwe et est encore à ce jour dirigé par le Commandant Robert Mugabe.

En 1982, fut voté et appliqué le *Communal Land Act*. Les zones alors occupées par les Africains devinrent des zones communales.

## I. 2. GEOGRAPHIE

### I. 2. 1. Topographie

Le Zimbabwe est un pays géographiquement très contrasté, séparé en deux par un grand plateau, le *high veld*, s'étendant du sud-ouest au nord-est. Ce plateau, long de 650 km et large de 80 km a une altitude qui oscille entre 1 200 et 1 500 m au-dessus du niveau de la mer.

De part et d'autre de ce plateau s'étendent deux régions de moyenne altitude (de 600 à 1 200 m), constituant le *middle veld*. Au-delà de ces formations, apparaît le *low veld* (de 400 à 600 m) comprenant la Vallée du Zambèze au nord, les rivages du Lac Kariba au nord-ouest, et les Bassins du Limpopo au sud.

A l'est du pays, zone frontalière avec le Mozambique, se trouve la seule véritable chaîne montagneuse zimbabwéenne dont le point culminant, le mont Inyangani s'élève à 2 592 m.

### I. 2. 2. Climat

Bien que le pays soit entièrement situé entre les Tropiques, son climat tropical continental reste modéré par l'altitude ; le haut plateau s'élève en moyenne à 900 m au-dessus du niveau de la mer et subit une température moyenne peu variable (de 13°C en juillet à 22°C en novembre). Les zones de basse altitude, telle la Vallée du Zambèze, présentent des températures considérablement plus chaudes et des précipitations annuelles plus faibles par rapport aux régions plus élevées comme celle de Nyanga, dans les *Eastern Highlands* (1 400 mm de pluie).

La saison des pluies (662 mm en moyenne annuelle), de mi-novembre à mars, succède à la saison sèche qui se divise en deux périodes distinctes :

- ✓ la saison sèche fraîche d'avril à juillet, les températures les plus basses se situant en juillet,
- ✓ la saison sèche chaude d'août à mi-novembre, octobre étant le mois le plus chaud.

## I. 3. LES GRANDS TYPES DE VEGETATION

Les grands types de végétation se trouvent modelés par l'altitude, les températures, la pluviométrie, la nature et la texture de sols.

• Haut plateau central ou *High veld* : le type de végétation le plus couramment rencontré dans cette région est une forêt claire d'arbres caducifoliés, appelée *miombo*. Elle consiste en une association de légumineuses *Brachystegia* sp. et *Julbernardia* sp. et présente parfois une strate arbustive épaisse et une couverture de graminées et de phorbes (Walker, 1980).

• Régions de moyenne altitude ou *Middle veld* : on y constate une alternance de zones à *Miombo* et de formations à mopane (*Colophospermum mopane*). Ces dernières sont caractérisées par la présence d'un tapis herbacé pauvre, en raison de la faible qualité du sol et du drainage trop rapide.

On y observe aussi des zones de savanes ouvertes constituées d'associations d'*Acacia* sp.

• Régions de basse altitude ou *Low veld* : Des zones à mopane, des formations à *Combretum* spp. et des savanes arbustives typiques, ou *Jesse bush* y alternent. Ces savanes sont composées d'un amalgame d'associations très distinctes (*Terminalia* sp., *Burkea* sp. ou *Combretum* sp.).

## I. 4. CADRE ADMINISTRATIF

Le Zimbabwe est dirigé par un président de la République élu pour 6 ans par les membres du parlement qui réunit le sénat (40 sénateurs) et la chambre législative (60 députés).

Il comprend 8 *provinces* (ou régions) : Manicaland, Mashonaland Central, Mashonaland Est, Mashonaland Ouest, Masvingo, Midlands, Matabeleland Nord et Sud. Chaque *province* est découpée en *districts* (ou cantons), eux-mêmes divisés en *wards* (ou communes). Un *ward* regroupe un demi-douzaine de villages qu'ils soient traditionnels ou nés lors des années 80 sous le nom de *Vidca*, *Village Développement Committee* (Aubin, 1997). Chaque entité est administrée par un représentant du Gouvernement central, un représentant élu et un représentant coutumier.

## I. 5. ECONOMIE

L'activité de plus des trois-quarts de la population dérive de l'agriculture, principale source de l'économie du Zimbabwe, ou de domaines associés. Les produits agricoles, tels que le coton et le tabac, représentent 35 % des apports en devises au pays. Cependant, en terme de contribution aux exportations,

l'agriculture n'occupe que le second rang (14 %) derrière les produits manufacturés (23 %). Durant la dernière décennie, tout le sud de l'Afrique a subi des sécheresses récurrentes et leurs conséquences sur l'économie zimbabwéenne sont mises en évidence par la croissance erratique de ces dernières années.

## PARTIE II

### CADRES INSTITUTIONNEL ET METHODOLOGIQUE

## II. 1. CADRE INSTITUTIONNEL

### II. 1. 1. Cadre général

Le sujet de l'étude ci-après s'inscrit dans le cadre d'une Thèse de Doctorat en Ecologie menée par Hélène Leriche : "Impact du comportement alimentaire des herbivores sur le fonctionnement d'un couvert végétal ; exemple des impalas dans une savane d'Afrique Australe". Réalisée en collaboration avec le CIRAD-EMVT (programme "Ecosystèmes Naturels et Pastoraux"), le laboratoire "Fonctionnement et Evolution des Systèmes Ecologiques" de l'Université Paris VI et le CNRS, cette thèse s'insère elle-même dans le programme INCO-DC de l'Union Européenne au Zimbabwe 'Natural resources management within multispecies system in the Mid Zambezi Valley : implications for sustainable development in dry lands areas of Southern Africa'.

L'objectif général de ce travail étant de caractériser les interactions entre les herbivores sauvages et le couvert végétal, une étude a été initiée. Elle appréhendera :

- l'utilisation, en terme de production animale, d'un écosystème
- le rôle des herbivores dans le maintien de la diversité biologique inscrite dans le système herbivores - savane boisée.

Dans ce contexte, je me suis plus spécialement intéressée aux interactions herbivores sauvages-couvert arbustif, en focalisant l'étude sur une espèce ligneuse, *Dichrostachys cinerea*, ressource essentielle pour les herbivores sauvages en saison sèche (Durham, 1980 ; Cooper & Owen-Smith, 1986 ; Owen-Smith & Cooper, 1987a ; Vittrant, 1997).

### II. 1. 2. Le CIRAD-EMVT et ses projets au Zimbabwe

Depuis 1993, le CIRAD-EMVT (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - Elevage et Médecine Vétérinaire en pays Tropicaux) intervient au Zimbabwe.

## II. 1. 2. a - Mukuvisi Woodland - "INCO-DC"

Le site actuel de Mukuvisi Woodland fut tout d'abord identifié comme une réserve naturelle potentielle en 1910. Jusqu'en 1977, il servit d'aire de loisirs aux passionnés d'oiseaux et d'arbres.

A cette date, une protection du site fut accordée pour une période de 33 ans et Mukuvisi Woodland (263 ha) vit de ce fait officiellement le jour. Ce statut se maintint jusqu'en 1991. La ville d'Harare confia alors la gestion de cette réserve à 'Mukuvisi Association', sur la base d'un bail de 99 ans.

Actuellement, 'The Mukuvisi Environment Centre' a pour vocation essentielle d'informer et d'éduquer ses visiteurs sur les problèmes de conservation. Chaque année, plus de 12 000 enfants scolarisés découvrent la valeur des ressources indigènes et la nécessité de leur préservation. Pour la plupart d'entre eux, c'est l'unique opportunité qu'ils ont de découvrir des animaux sauvages dans leur environnement "naturel".

Les objectifs de cette réserve, membre de l'UICN (Union Internationale pour la Protection de la Nature), sont clairement définis et réalisés grâce à une coopération étroite avec plusieurs associations (Campfire Association, Zimbabwe Orchid Association, Zambezi Society, Wildlife Society of Zimbabwe) :

- ☞ protéger la savane pour les loisirs et l'information des Zimbabwéens,
- ☞ éduquer les enfants et les enseignants en les sensibilisant à l'environnement et aux problèmes qui menacent le milieu naturel, dans une spécificité géographique à la fois urbaine et rurale,
- ☞ permettre l'accès à des données plus précises sur le patrimoine animal,
- ☞ créer un site de Miombo naturel (association végétale ligneuse de *Brachystegia spp.* et de *Jubernardia spp.*) par l'introduction d'espèces natives et l'éradication des plantes non-indigènes.

Cette réserve constitue l'un des sites d'étude, supportant également les expériences de manipulation du couvert végétal de la thèse d'H. Leriche.

## II. 1. 2. b - Ranch d'impala, Gonono - "Biodiversité"

Le projet "Maintien de la biodiversité et développement durable dans la moyenne vallée du Zambèze après l'éradication de la mouche Tsé-Tsé" appartient au programme régional mené par le RTTCP (*Regional Tsetse and Trypanosomiasis Control Programme*). "Sur un site pilote zimbabwéen de la moyenne vallée du Zambèze, il se propose de développer une gestion des ressources naturelles par les populations locales, permettant la conservation de la biodiversité des milieux naturels tout en maximisant l'ensemble de ses potentiels économiques" (Aubin, 1997). Implanté dans les *wards* 2, 3 et 4 du district de Guruve, Province du Mashonaland Central, il est financé par le Ministère des Affaires Etrangères français et par le

Fonds Français pour le Développement Mondial. Sa mise en œuvre a été confiée au gouvernement local du district de Guruve, le CIRAD jouant le rôle de partenaire technique et scientifique.

Partie prenante de ce projet, le ranch communal implanté à Gonono (*ward* 4) a pour vocation de compenser le déficit en protéines animales des populations locales en leur fournissant de la viande de faune sauvage à bas prix. Essentiellement basé sur l'exploitation de la viande d'impala (*Aepyceros melampus*), le ranch devrait également permettre la conservation et la valorisation d'un écosystème naturel encore faiblement anthropisé et impropre à toute culture ou à un quelconque élevage domestique (Chardonnet *et al.*, 1998).

La régulation de plusieurs hordes d'impalas, sur une surface délimitée (2 400 ha) et protégée de tout prédateur, s'effectuera par des chasses régulières organisées selon un quota prédéterminé. A long terme, la population d'impalas devrait atteindre une densité moyenne de 1,7 impala par hectare, grâce à une gestion adaptée (*i.e.* amélioration des pâturages).

### *II. 1. 2. c - Kelvin Grove - "Ecologie comparée"*

Avec Doreen's Pride, Elephant Hill, Diamond Aye, Wangenella et Noe Tou Noe, le ranch de Kelvin Grove appartient au Complexe de Battlefield de l'ARDA (*Agricultural and Rural Development Authority*), un organisme para-gouvernemental responsable de la gestion et de la valorisation des terres de l'Etat. Cet ensemble de territoires, de plus de 60 km<sup>2</sup> chacun, est issu de l'organisation parcellaire coloniale anglaise, puis rhodésienne.

Situé près de la ville de Kadoma, dans le district du Mashonaland Ouest, Kelvin Grove sert de support, depuis 1993, au projet "Ecologie Comparée Faune Sauvage-Bétail" du CIRAD-EMVT. Des travaux de recherche, dont ceux d'H. Fritz (1995a) sur les systèmes mixtes d'herbivores sauvages et domestiques, de M. de Garine-Wichatitsky sur les contacts hôte-parasites, de S. Ducornez (1994) sur le système herbivore- plante et de F. Hibert (1998), ont permis d'établir les bases d'une exploitation viable des ressources naturelles.

En 1998, le ranch de Kelvin Grove a été réquisitionné par le Gouvernement dans le cadre de la réforme agraire, basée sur une redistribution des terres et les travaux de recherche suspendus. Néanmoins, l'autorisation de prélever des échantillons à court terme a permis la réalisation du protocole nécessaire à cette étude.

## *II. 1. 2. d - Parc National de Hwange*

Le parc national de Hwange est le plus étendu du Zimbabwe. Il abrite les plus grandes diversité et densité d'espèces animales (107 espèces de mammifères et 410 espèces d'oiseaux). Situé au nord-ouest du pays, couvrant une surface de 14 540 km<sup>2</sup>, il est limitrophe du Botswana à l'ouest, du Tjolutjo Communal Land au sud-est, du Forestry Commission Land à l'est et de Matetsi Safari Area au nord (Rogers, 1993).

Cette région fut à l'origine fréquentée par des *San* ou *Bushmen*, chasseurs-cueilleurs nomades qui avaient appris à vivre en harmonie avec cet environnement difficile. En raison de la pauvreté de son sol et de la pénurie en eaux de surface rendant ses terres impropres à l'habitat humain, la zone fut proclamée réserve de faune en 1928 (Davison, 1998). En 1949, le *National Parks Act* gratifia Hwange du statut de Parc National, héritage naturel du Zimbabwe, entièrement protégé sur le plan législatif. Après la création de 60 points d'eau artificiels alimentés par des nappes souterraines, Hwange devint dans les années 70 l'une des zones de plus forte concentration animale d'Afrique.

Depuis mai 1999, une collaboration CIRAD-EMVT/Parcs Nationaux est entérinée par une thèse de doctorat réalisée par M. Bourgarel, au sein du projet "Hwange Environmental Tools for Predictive Management".

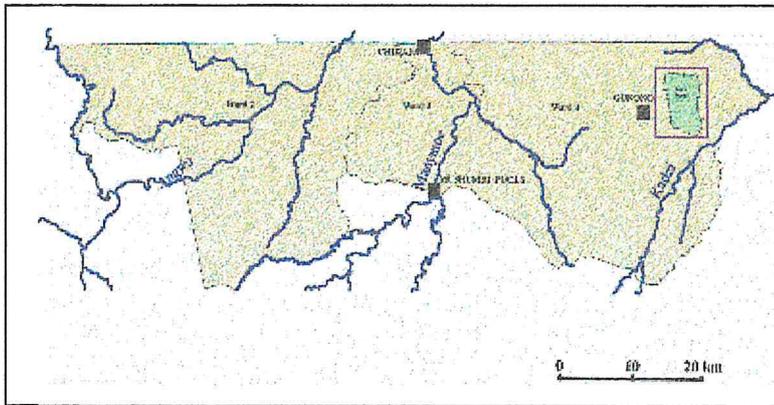
## II. 2. CADRE METHODOLOGIQUE

### II. 2. 1. Sites d'étude

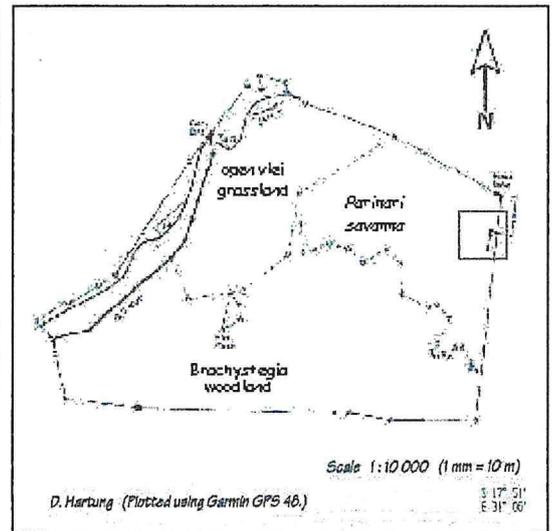
Les sites considérés présentent des caractéristiques très contrastées, par leur situation géographique (Fig. 2), leurs caractéristiques climatiques (Fig. 3) et pédologiques, la nature de la végétation présente, ou leur statut (petite réserve, ranch communal, ancien ranch mixte et grand parc national).

Les relevés pluviométriques de Mukuvisi Woodland, Kelvin Grove et du Parc National de Hwange proviennent du Département des Services Météorologiques du Zimbabwe, Harare. Concernant le ranch de Gonono, les données de 1989 à 1997 émanent de la station météorologique de Kanyemba.

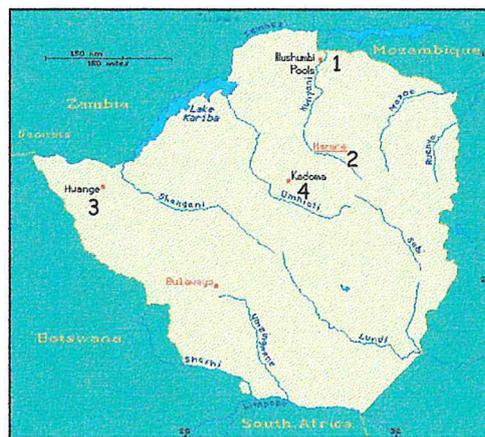
La comparaison inter - sites se basant exclusivement sur les mesures d'indice d'abrouissement et sur les estimations d'intensité d'herbivorie, ces données restent générales et ne constitueront pas les éléments essentiels de cette comparaison. Cela dit, il reste tout à fait envisageable d'affiner ces critères (particulièrement la pluviométrie et la disponibilité en nutriments du sol), puisqu'ils influent inéluctablement sur la composition chimique des espèces végétales (Fritz & Duncan, 1994).



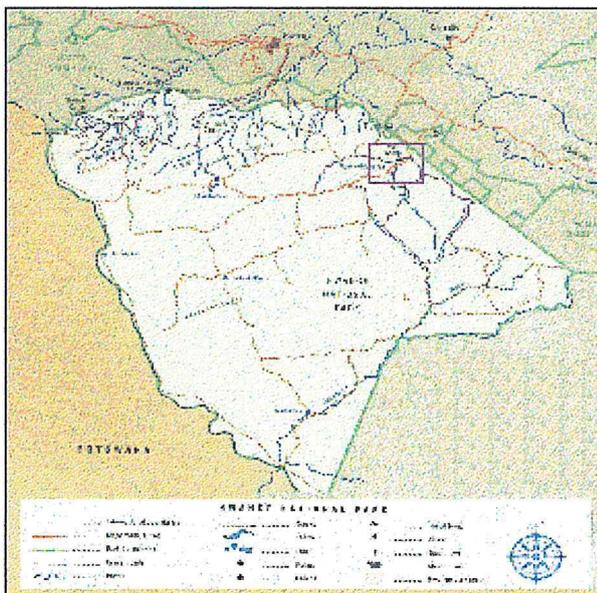
1. Ranch de Gonono, Vallée du Zambèze (Lafage, Comm. pers.)



2. Mukuvisi Woodland, Harare (Hartung, Comm. pers.)



3. Parc National de Hwange (Greaves, 1996)



4. Ranch de Kelvin Grove (Ducornez, 1994)

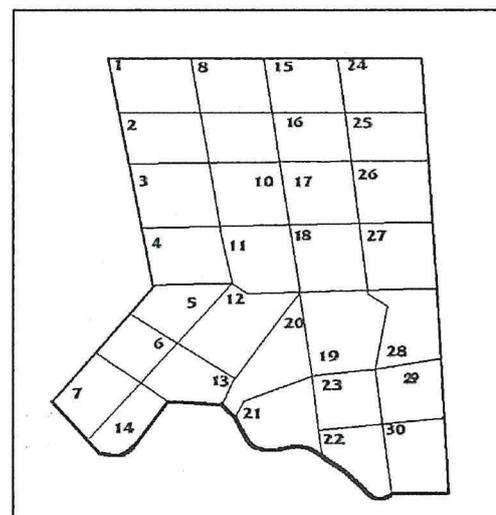


Fig. 2. Localisation des sites d'étude.

SITES	PROVINCE	ALTITUDE (m)	SURFACE (ha)
Mukuvisi Woodland	Mashonaland Ouest	1470	114,5
Gororo	Mashonaland Central	400-900	2400
Kelvin Grove	Mashonaland Ouest	1100-1180	9400
PN de Hwange	Matabeleland Nord	1000	1 462 000

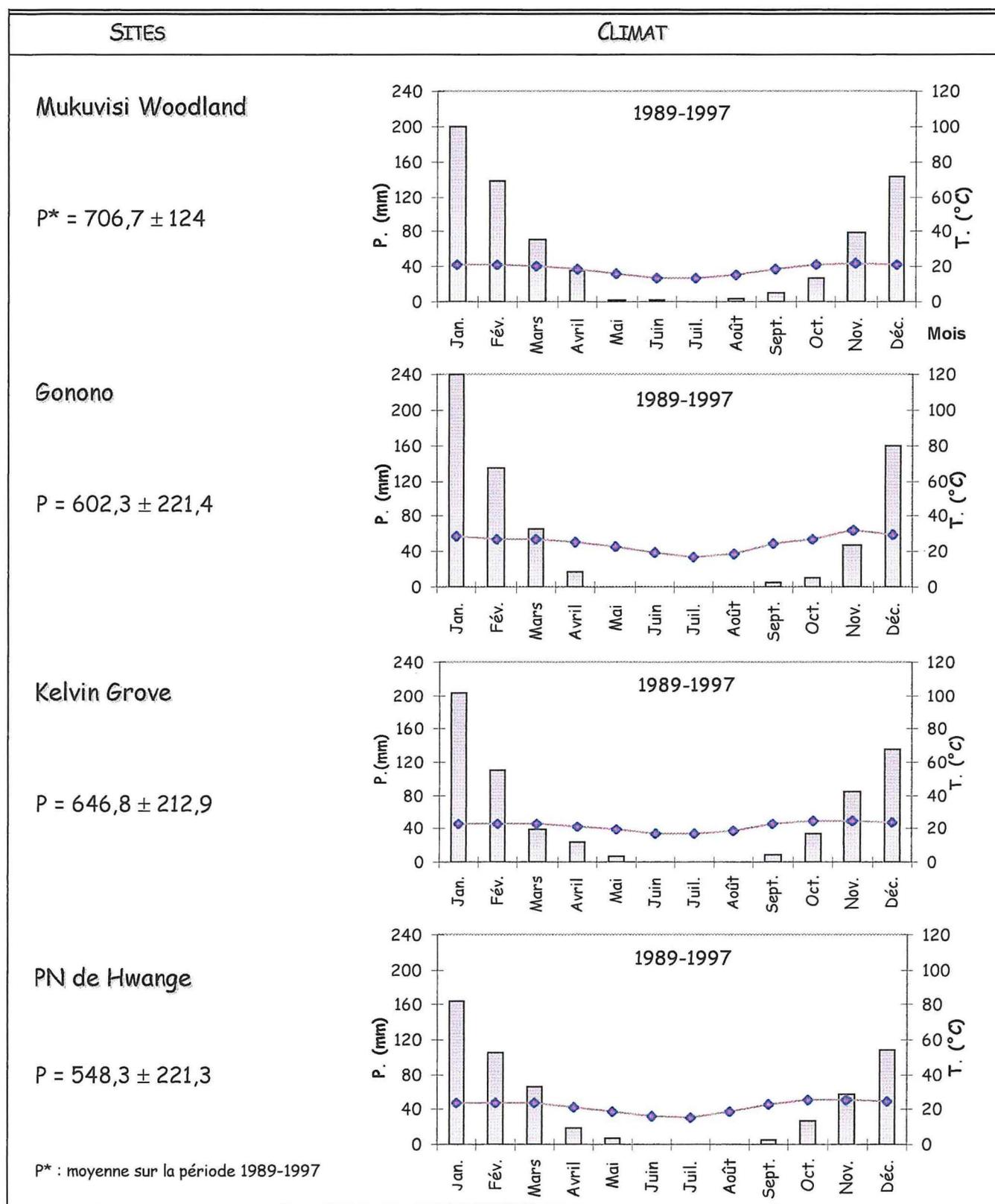


Fig. 3. Caractéristiques des sites d'étude.

## II. 2. 1. a - Pédologie

### ✓ MUKUVISI WOODLAND

Le sol de la zone de prélèvement est de nature sablo-argileuse, pauvre en matière organique. Une étude des caractéristiques édaphiques de cette réserve, menée par l'Université d'Harare, a été réalisée au cours du mois de juillet 1999 ; les résultats ne sont pas, à ce jour, disponibles.

### ✓ GONONO

Le site du projet repose sur des strates géologiques sédimentaires à base de grès et de limons, qui ont conduit à la formation de sols variés, généralement peu profonds, souvent riches en sodium mais pauvres en matière organique.

La région sud du *ward* 4 est constituée de sols régosoliques, peu évolués, issus de grès rouges, plus profonds ou des sols bruns eutrophes et localement sodiques. Des sables du Kalahari (*Jesse sands*), perméables et bien drainés recouvrent le sommet des interfluvies entre les rivières principales et délimitent de façon nette le Croissant de Gonono. Les sols sableux, profonds, bruns, à texture moyenne, portent des *Jesse bush* ou forêts sèches (Atlas de la Moyenne Vallée du Zambèze, CIRAD, à paraître).

### ✓ KELVIN GROVE

Le sol du ranch est de nature sableuse. Les zones à *Acacia* spp. évoluent généralement sur des patches de sol relativement riches en nutriments.

### ✓ PARC NATIONAL DE HWANGE Zone de Sables du Kalahari

Ces sables du Kalahari occupent les deux-tiers de la surface totale du parc depuis *Main Camp* (site de l'échantillonnage) jusqu'à la frontière du Botswana. Au centre et au sud-ouest de cette zone ensablée, s'érigent des dunes sableuses fossiles, formées depuis environ 15 000 ans (Thomas, 1983), par un vent soufflant de l'est au sud-est (Flint & Bond, 1968). Le parc se situe en fait sur la bordure orientale des dépôts de ces sables, couvrant également une grande partie du Botswana et s'étendant en Zambie, Namibie, Angola et Afrique du Sud.

Ces sols se révèlent profonds, sablonneux et infertiles. De plus, la présence plus importante de ce sable provoque une augmentation marquée du rapport végétation ligneuse/végétation herbacée.

## II. 2. 1. b - Végétation

### ✓ MUKUVISI WOODLAND

La localisation du prélèvement appartient à la zone de *Parinari*, où l'espèce ligneuse *Parinari curatellifolia* et l'espèce herbacée *Hyparrhenia* sp. prédominent. Les caractères des espèces végétales de ce site sont fournis en Annexe 1.

### ✓ GONONO

La carte de la végétation de la Moyenne Vallée du Zambèze a été réalisée par le CIRAD en avril 1999. Trois milieux caractéristiques furent ainsi déterminés sur le domaine du ranch :

- \* la forêt de Mopane (*Colophospermum mopane*)
- \* la forêt mixte de Mopane (*Combretum* spp. et *Diospyros kirkii*)
- \* la savane à *Acacia* spp., spécifique au site de prélèvement et dominée par les espèces *Acacia tortilis*, *Acacia nilotica* et *Dichrostachys cinerea*.

### ✓ KELVIN GROVE

En 1986, lors de la prise en charge du ranch par l'ARDA, une carte de la végétation fut dressée par l'organisme gouvernemental de cartographie et de planification, AGRITEX (*Department of Agricultural Technical and Extension Services*). A l'origine, dix types de végétation naturelle avaient été identifiés (Fritz, 1995a). Cependant, seuls sept d'entre eux différaient suffisamment les uns des autres pour être considérés comme des habitats distincts (cf. Annexe 2). Deux champs cultivés, sorgho fourrager en 1993 et friche en 1994, formaient un type de végétation marginal.

Le ranch de Kelvin Grove ayant déjà fait l'objet de nombreuses études (cf. II. 1. 2. c), il est apparu intéressant de prendre en considération deux sites distincts, dont l'historique est bien connu. Pour chacun d'eux, des transects de végétation ligneuse ont été réalisés en juin 1999 (Fig. 4). Deux transects par site, de 100 m de long et de 5 m de large, ont permis de relever la hauteur, la largeur et l'indice d'abrouissement de chaque espèce ligneuse rencontrée.

Anciens champs cultivés de sorgho et laissés à l'abandon en 1995 (Site 2) et en 1996 (Site 1), les deux sites choisis contiennent des formations arbustives dominées par *Acacia* spp. et *Dichrostachys cinerea*. Ces espèces constituent les formations pionnières apparaissant au cours des processus de recolonisation des terres antérieurement cultivées (Walker & Noy-Meir, 1982).

Le Site 2 occupe la zone d'habitat de type 4, savane à *Acacia* spp. (cf. Annexe 2), extrêmement fréquentée par les impalas (Fritz & de Garine-Wichatitsky, 1996).

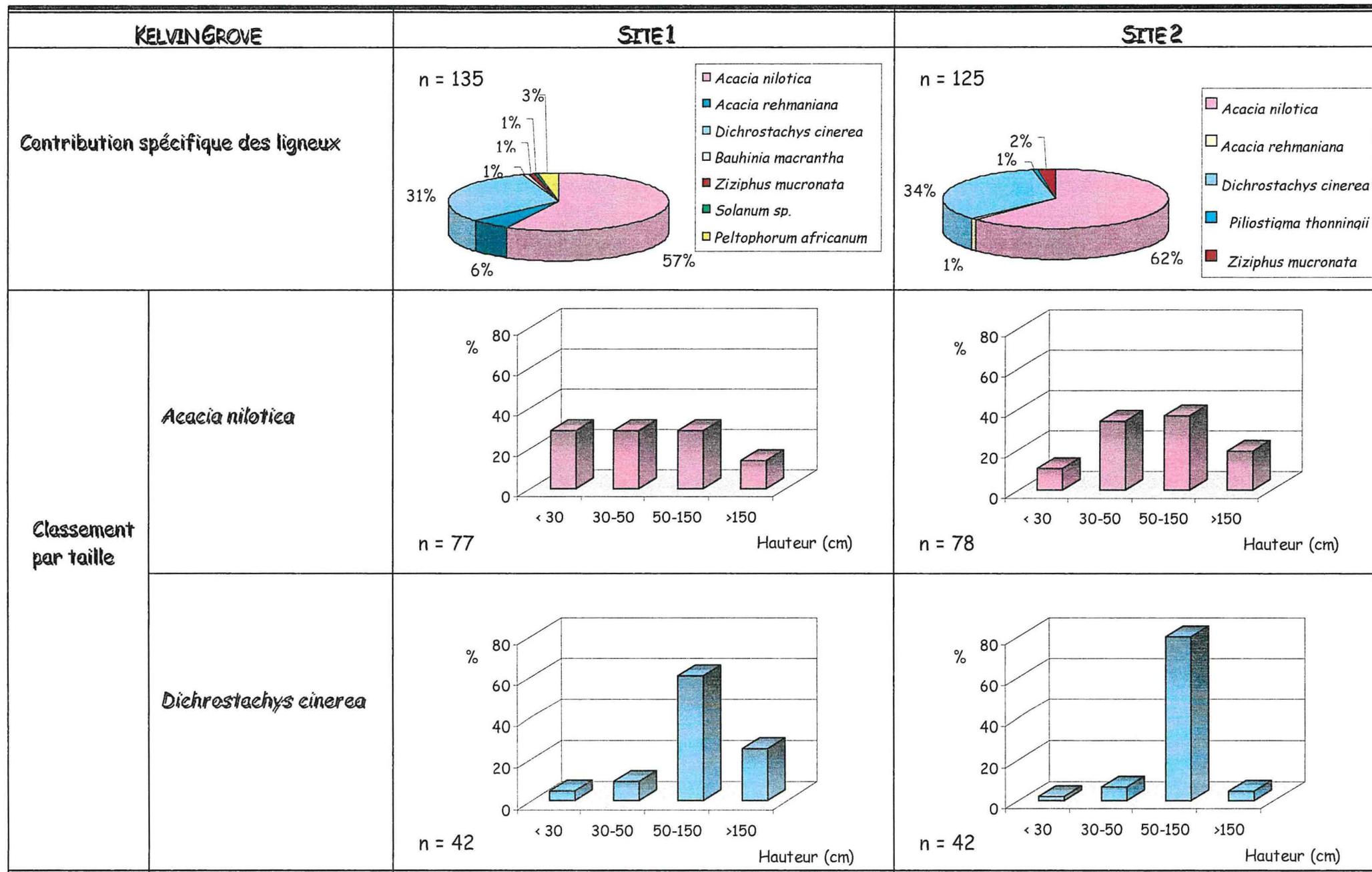


Fig. 4. Caractérisation de la végétation des deux sites de prélèvement, ranch de Kelvin Grove.

### ✓ PARC NATIONAL DE HWANGE (cf. Annexe 3)

La distribution des principaux groupes de végétation de Hwange est essentiellement contrôlée par le type de sol. La zone de prélèvement, localisée aux alentours de *Main Camp*, relève de la zone de savane arborée du Kalahari. Les espèces dominantes sont *Baikia plurijuga* (le tek du Zambèze), *Pterocarpus angolensis* et *Guibortia coleasperma*. Sous-jacente à la strate d'arbustes et de légumineuses (*Baphia* spp., *Croton* spp., *Grewia* spp. et *Combretum* spp.), la strate herbacée se compose d'une large gamme d'espèces, de la moins appétante (*Aristida stipitata*) à l'espèce fourragère la plus productive (l'herbe de Guinée ou *Panicum maximum*) (Greaves, 1996).

Certaines parties de cette zone sont recouvertes par une savane arborée plus ouverte, avec une plus grande variété spécifique, incluant *Terminalia* spp., *Combretum* spp. et *Bauhinia* spp. On y rencontre *Dichrostachys cinerea* sous forme de buissons impénétrables.

### **II. 2. 1. c - Herbivores** (Fig. 5)

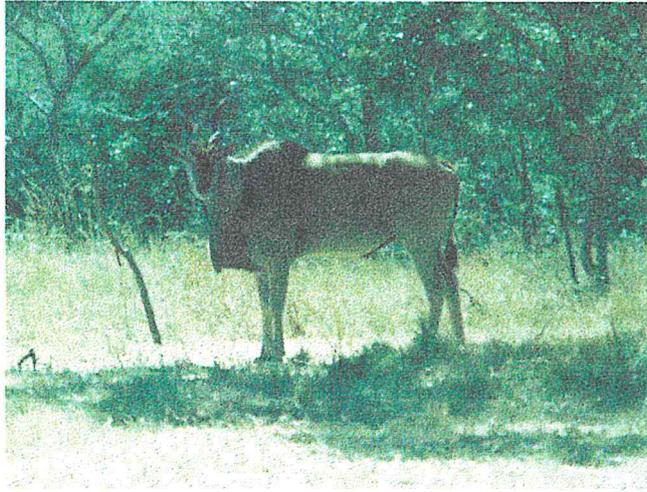
Le calcul des densités en herbivores de chaque site a essentiellement pris en compte deux espèces d'herbivores : le grand koudou (*Tragelaphus strepsiceros*) et l'impala (*Aepyceros melampus melampus*).

\* Le grand koudou, herbivore à régime alimentaire brouteur strict, affectionne particulièrement les habitats à *Acacia* spp.

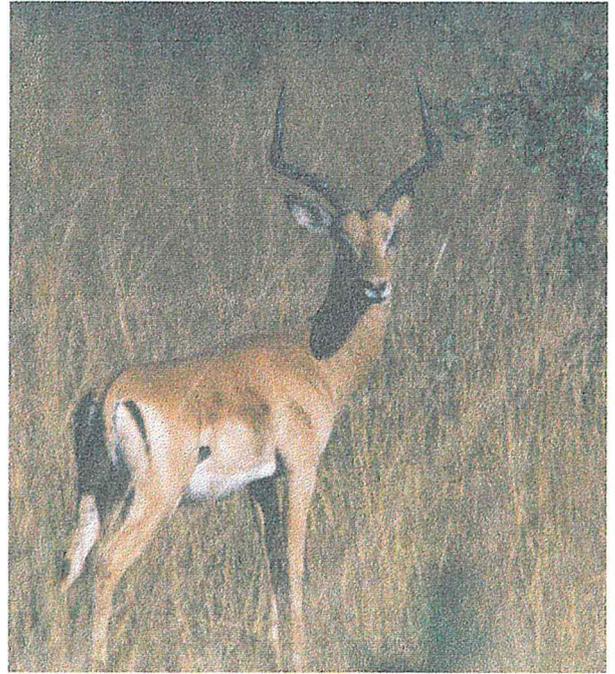
\* L'impala est, lui, souvent décrit comme un consommateur à régime alimentaire intermédiaire ou mixte (à la fois pousseur et brouteur ; Hofmann, 1989) et oriente son alimentation en fonction de l'habitat, de la période de l'année et de la présence ou non d'herbivores compétiteurs.

Ces deux espèces deviennent très sélectives en saison sèche, lorsque la disponibilité en ressource devient limitée. On observe alors une augmentation de l'ingestion de ligneux chez l'impala (Fritz, 1993 ; Ducornez, 1994), le grand koudou demeurant moins sélectif que l'impala, tant au niveau de l'habitat que des espèces broutées (Fritz, 1995a).

\* Lors d'observations de comportement alimentaire des herbivores sur le site de Mukvisi Woodland, j'ai pu constater que les élans (*Tragelaphus oryx*) consommaient également l'espèce ligneuse étudiée *Dichrostachys cinerea*. Ils se comportent eux aussi comme des consommateurs intermédiaires. La population de cette espèce a donc été intégrée au calcul de densité sur ce site (Tableau 1).



Elan du Cap (*Tragelaphus oryx*)  
Mukuvisi Woodland



Impala (*Aepyceros melampus*)  
Mukuvisi Woodland



Grand Koudou (*Tragelaphus strepsiceros*)  
Parc National de Hwange

Fig. 5. Herbivores considérés dans cette étude.

SITE	HERBIVORES		DENSITE	ORIGINE	REFERENCES
	Espèce	Nom commun	/ha		
Mukuvisi Woodland	<i>Aepyceros melampus</i>	Impala	1,467	Recensement	Mukuvisi Environmental Centre, 1999
	<i>Tragelaphus oryx</i>	Elan du Cap	0,087		
Ranch de Gorono	<i>Aepyceros melampus</i>	Impala	0,003	Transects en voiture	Bourgarel, 1997
	<i>Tragelaphus strepsiceros</i>	Grand koudou	0,008		
Kelvin Grove	<i>Aepyceros melampus</i>	Impala	0,103	Estimation	Fritz, 1993
	<i>Tragelaphus strepsiceros</i>	Grand koudou	0,032		
Parc National de Hwange	<i>Aepyceros melampus</i>	Impala	0,019 [0,006 ; 0,055]*	*Transects en bande	* Bourgarel, Comm. Pers.
	<i>Tragelaphus strepsiceros</i>	Grand koudou	0,011 [0,007 ; 0,019]*		
	<i>Tragelaphus oryx</i>	Elan du Cap	0**	**Comptages aériens	** Bowler, 1993

Tableau 1. Densités en herbivores des sites d'étude.

## II. 2. 2. Matériel et Méthodes

### *II. 2. 2. a - Espèce ligneuse étudiée : *Dichrostachys cinerea**

#### ⇒ Caractéristiques

*Dichrostachys cinerea*, espèce ligneuse de la famille des *Mimosoidae*, se présente sous forme buissonneuse ou arborée et atteint parfois 5 à 6m de hauteur. Extrêmement répandu en Afrique, en Asie et jusqu'en Australie, il peut croître sur divers types de sol. Capable d'envahir rapidement les aires dégradées, et particulièrement celles où la couverture herbacée a été détériorée, il est considéré comme un indicateur de surpâturage (Coates-Palgrave, 1995). Dans de telles conditions, *Dichrostachys cinerea* se trouve sous des formes épaisses, impénétrables, proliférantes voire nuisibles (Fig. 6).

De plus, une fois établi, il est difficile de l'éradiquer par de simples moyens mécaniques ; en effet, même si la totalité de la biomasse épigée est retirée, de nouveaux plants ont la capacité de se régénérer à partir des racines restées dans le sol (Flora of Southern Africa, 1975).

La floraison a lieu d'octobre à février avec les fleurs disposées sur des épines axillaires (Fig. 7). Les fruits indéhiscentés forment des grappes de gousses spiralées ; chaque gousse mesure généralement une dizaine de centimètres. Ces fruits tombent de mai à septembre ; le bétail et les herbivores sauvages (girafes, buffles, koudous, nyalas, impalas, céphalophes ...) les apprécient tout particulièrement.

Le poids des feuilles, plus grandes que celles d'*Acacia nilotica*, varie entre 0,115 et 0,23 g en moyenne (Owen-Smith & Cooper, 1987a).

Autres utilisations : La poudre d'écorce se révèle efficace en application sur tous les types de blessures épidermiques et l'apposition de racines mâchées se pratique couramment sur les piqûres de scorpions et les morsures de serpent.

#### ⇒ Prélèvements

Toutes les feuilles récoltées appartiennent au domaine de consommation des herbivores brouteurs considérés : en périphérie et en deçà de 1,50 m de hauteur (les hauteurs moyennes de consommation de ligneux étant de 1,16 m pour les impalas et de 1,50 m pour les koudous, d'après Ducornez, 1994).

Tous les échantillons ont été stockés à l'obscurité dans une enveloppe perforée, permettant un séchage de bonne qualité.

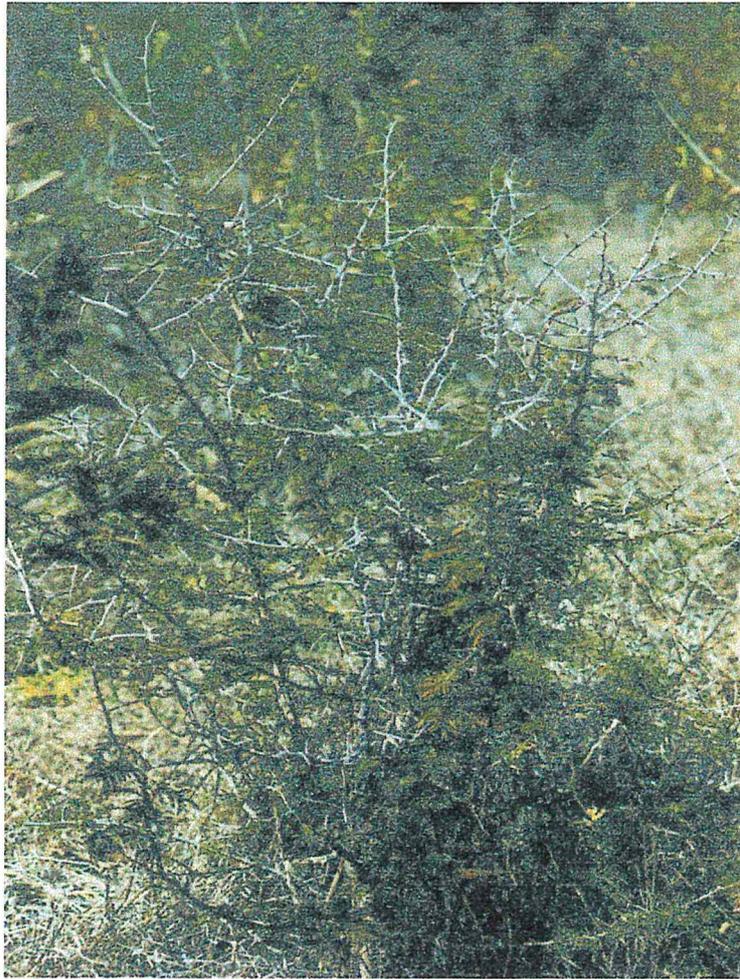


Fig. 6. *Dichrostachys cinerea*, ranch de Gonono, Vallée du Zambèze.

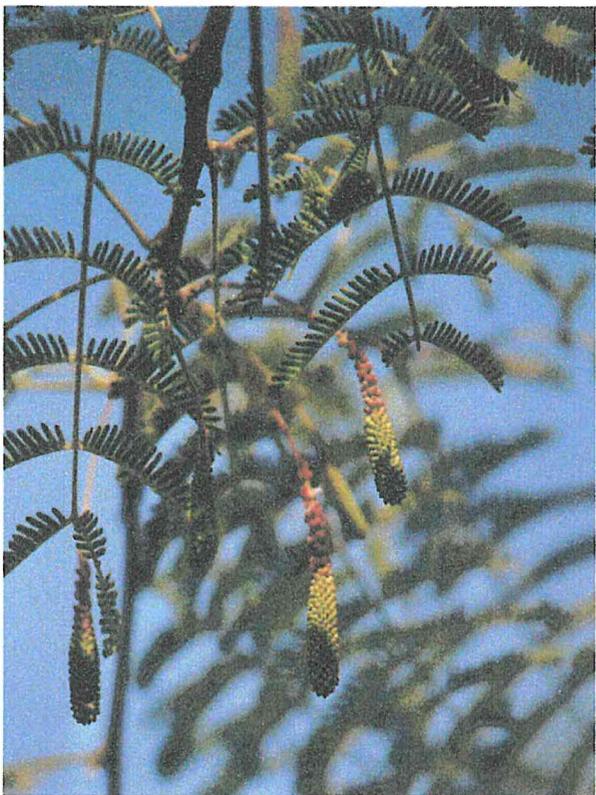


Fig. 7. Inflorescences de *Dichrostachys cinerea*, Mukuvisi Woodland, Harare.

## *II. 2. 2. b - Teneurs en carbone et azote organiques foliaires*

Les teneurs en carbone et azote organiques totales des feuilles sont mesurées à l'aide d'un CHN (Nitrogen Analyser NA 1500 Serie 3, Fisons).

Chaque échantillon subit préalablement un broyage avec un broyeur à bille (Vibratory Micro-Mill, "Pulverisette O", Fritsch). Une fraction de chaque échantillon (~ 4,5 mg, Balance Sartorius ultra-micro), contenue dans une capsule d'étain, est injectée dans un four de combustion maintenu à 1 020 °C, constitué d'oxyde de cobalt et d'oxyde de chrome ( $Cr_2O_3 + CO_3O_4$ ) sous un flux constant d'hélium. Parallèlement, un volume déterminé d'oxygène pur est propulsé dans le gaz vecteur permettant la combustion de la capsule et de son contenu. Les gaz résultant de cette combustion sont oxydés dans un catalyseur ( $Cr_2O_3$ ) en :  $CO_2$  ;  $H_2O$  ;  $N_2$  ; et  $N_xO_y$  ; ils passent ensuite par un second catalyseur (cuivre réduit) qui réduit les oxydes d'azote en azote élémentaire. Dès lors, l'eau, provenant de la combustion, est absorbée sur un piège à eau (Anidrone). Le passage des gaz restants dans une colonne de chromatographie provoque la séparation du  $N_2$  et du  $CO_2$ . Un détecteur à conductibilité thermique couplé à un intégrateur numérique (Eager 200) quantifiera et calculera les teneurs respectives en carbone et en azote de l'échantillon (cf. Annexe 4).

L'étalon fourni dans le commerce, l'atropine ( $C_{17}H_{23}NO_3$ ), se caractérise par une teneur en carbone de 70,5 % et en azote de 4,8 %. Les résultats seront exprimés en % de matière sèche.

## II. 2. 3. Analyse des résultats

Tous les résultats obtenus (indice d'abroutissement, teneurs en carbone et azote organiques foliaires, densités en herbivores ...) ont fait l'objet d'un traitement statistique à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute INC., 1989), via les procédures Proc glm et Proc corr. Pour la première procédure, la somme des carrés de type III a constamment été utilisée. Les comparaisons de moyennes et les corrélations ont été réalisées au niveau seuil de signification de 5 % (respectivement test de Scheffe et test de Spearman).

### PARTIE III

INDICE D'ABROUTISSEMENT : OUTIL FIABLE ?

# Chapitre 1

## Comparaison inter-sites

---

### III. 1. 1. INTRODUCTION

A l'échelle de l'arbre, l'indice d'abroutissement (abrégé par la suite IA) a été défini comme étant le rapport du nombre de rameaux broutés (cicatrice visible, Fig. 8) au nombre total de rameaux présents dans le domaine d'alimentation des herbivores (périphérie de l'arbre, en-deçà de 1,50 m de hauteur). Cette mesure correspond directement à son niveau de consommation par les herbivores. A celle de la population ligneuse de *Dichrostachys cinerea*, elle délimite son importance en tant que ressource au sein d'un milieu très hétérogène.

Valider l'indice d'abroutissement comme reflet direct de la pression d'herbivorie impose de tester sa robustesse et sa fiabilité : tel est l'objectif de ce premier chapitre.

Quels seront donc les paramètres susceptibles d'influencer directement ou indirectement la valeur de cet indice ?

Dans cette optique de recherche, quatre sites ont été choisis : la réserve de Mukuvisi Woodland (Harare), les ranches de Kelvin Grove (Kadoma), de Gonono (Moyenne Vallée du Zambèze) et le Parc National de Hwange.

La composition chimique du feuillage des plantes ligneuses détermine généralement son appétence pour les herbivores (Cooper *et al.*, 1988). Or, une appétence forte se traduisant par une consommation élevée, nous verrons s'il existe une relation directe entre les teneurs en composés organiques (carbone et azote) des feuilles de *Dichrostachys cinerea* et l'IA.

De plus, appartenant à des milieux distincts (*i. e.* en termes d'utilisation ou de situation géographique), chacun des sites présente des densités en herbivores différentes et connues ; il sera donc révélateur de tester leur corrélation avec l'IA.



Fig. 8. Rameau de *Dichrostachys cinerea* brouté (cicatrice nette),  
Mukuvisi Woodland, Harare.

### III. 1. 2. MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements de feuilles ont été effectués en juin 1999, sur les sites de Mukuvisi Woodland (n = 6 arbres), Gonono (n = 10 arbres), Kelvin Grove (n = 10 arbres) et en juillet 1999, sur celui de Hwange. Les arbres échantillonnés furent caractérisés par des mesures morphologiques et des mesures d'IA.

\* *Remarque* : Les arbres pris en compte présentaient une morphologie similaire d'un site à l'autre (hauteur comprise entre 100 et 250 cm, forme de type sphérique).

#### ✓ MUKUVISI WOODLAND

Sur ce site, les relevés ont été réalisés simultanément à l'intérieur de la réserve (Mukuvisi réserve, n = 3 arbres) et en zone contrôle (hors réserve : Mukuvisi témoin, n = 3 arbres), où, la densité en herbivores étant nulle, les ligneux ne subissaient donc aucune pression d'herbivorie.

#### ✓ PARC NATIONAL DE HWANGE

En raison du temps nécessaire à la mise en place de la collaboration avec le Parc National de Hwange, les prélèvements n'ont pu avoir lieu que fin juillet. La quasi totalité des *Dichrostachys cinerea* avait alors déjà perdu ses feuilles et nous n'avons pu en récolter que sur 5 spécimens. Les résultats correspondant à ce site devront donc être considérés avec beaucoup de prudence.

### III. 1. 3. ANALYSE DES RESULTATS

#### *III. 1. 3. a - Validation du choix des sites*

Précédant l'étude des relations entre la composition chimique, les densités en herbivores et l'IA, la validation de la pertinence des sites choisis, c'est-à-dire la variabilité suffisante des critères considérés, a paru nécessaire.

Le modèle statistique, considérant le site comme facteur de différenciation, l'IA, les densités en herbivores ainsi que les teneurs en carbone et azote organiques foliaires comme variables testées, se révèle explicatif dans son ensemble ( $P < 0,05$  ; Tableau 2).

Les analyses statistiques ont produit des résultats significatifs pour les trois variables retenues : elles diffèrent toutes selon le site considéré (Fig. 9).

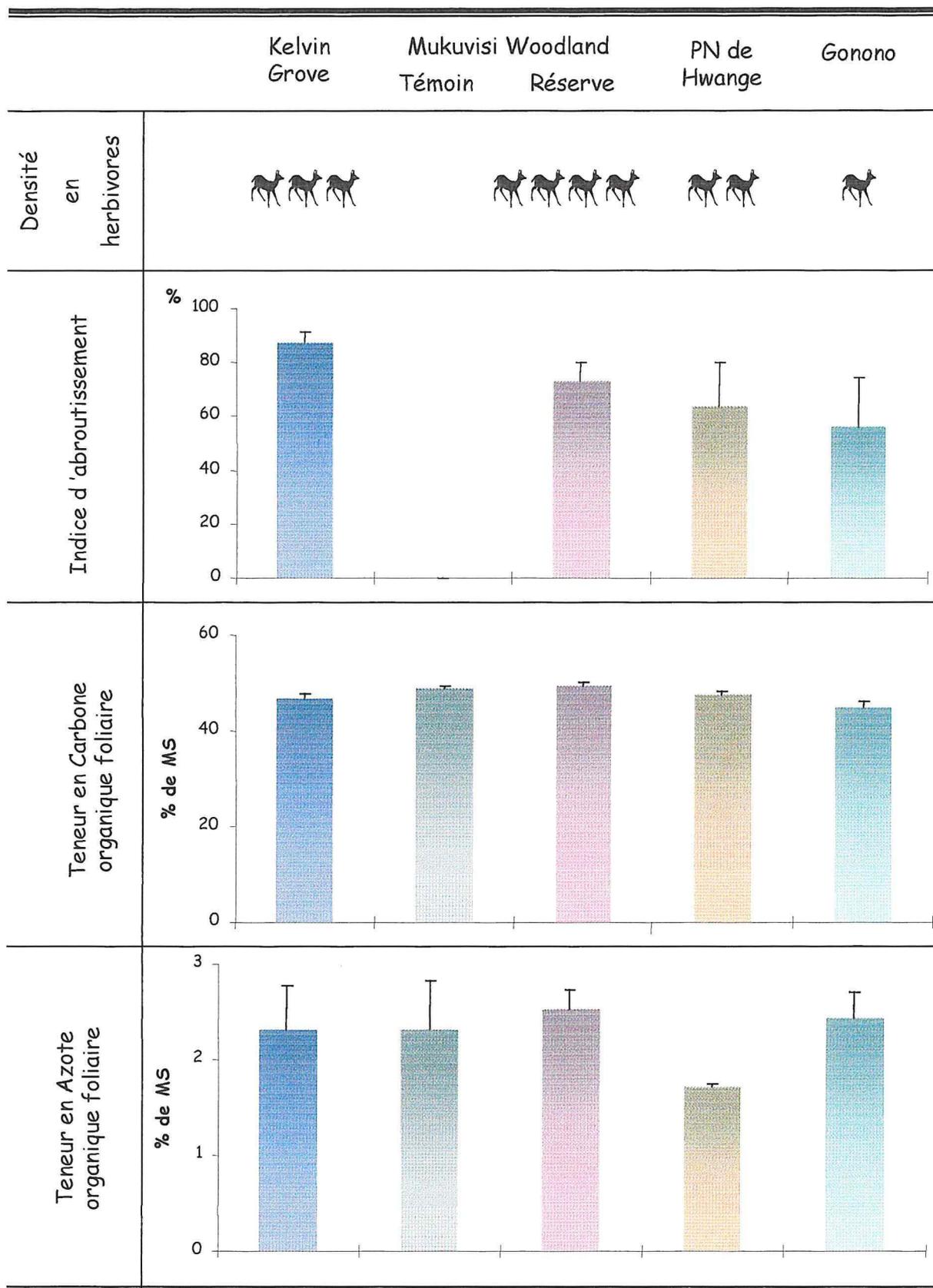


Fig. 9. Résultats pour les variables considérées (densité en herbivores, IA, teneur en carbone et azote organiques foliaires).

\* Densité en herbivores : les densités en herbivores de chaque site diffèrent les unes des autres ( $P = 0,0001, r^2 = 1$ ).

Remarque : L'analyse statistique a été réitérée en ne tenant pas compte de la densité en herbivores nulle de Mukuvisi témoin, afin de supprimer son éventuelle influence sur les résultats. Elle a abouti à des conclusions identiques.

\* IA : celui observé sur le site de Kelvin Grove se différencie de celui de Gonono (respectivement 87,4 % et 55,8 %).

\* Teneur en carbone organique foliaire : la teneur moyenne en carbone organique des feuilles prélevées sur *Dichrostachys cinerea* de Gonono est nettement plus faible que celle relevée sur les autres sites (44,9 % de matière sèche).

\* Teneur en azote organique foliaire : Le site n'explique que 38 % de la variation des teneurs en azote organique des feuilles de *Dichrostachys cinerea*. Cependant, la teneur moyenne en azote organique des feuilles récoltées à Hwange demeure nettement inférieure à celles récoltées sur les autres sites. En particulier, elle est significativement différente de celle mesurée à Gonono (1,7 % contre 2,4 % de matière sèche). Cette teneur très faible en azote organique est probablement due à la date tardive de prélèvement sur le site de Hwange.

### **III. 1. 3. b - IA et composition chimique**

Existe-t-il une relation entre la composition chimique et l'IA (corrélation de Spearman)?

E Tous sites confondus, il n'existe aucune corrélation entre la composition chimique et l'IA ( $P = 0,18$  pour le carbone,  $P = 0,59$  pour l'azote).

E Au sein de chaque site, la valeur de l'IA n'est pas liée à celle des teneurs en carbone et en azote organiques foliaires ( $P > 0,05$  ; Tableau 3).

### **III. 1. 3. c - IA et densité en herbivores**

La composition chimique des feuilles de *Dichrostachys cinerea* prélevées sur les 4 sites ne semble aucunement influencer la valeur moyenne de l'IA. L'étape suivante consistera donc à définir l'éventuelle liaison entre l'IA et les densités en herbivores.

Pour ceci, deux mesures de densité en herbivores seront retenues. La première, densité brute, prend en compte les estimations des densités de chaque espèce, indépendamment de la spécificité du

régime alimentaire. La seconde, densité ajustée, affecte un coefficient "part des ligneux dans le régime alimentaire" à chaque valeur de densité (Tableaux 4 et 4').

Tableau 3. Comparaison inter-sites : corrélation composition chimique- IA non significative.

SITE	Variable	Coefficient de corrélation	Prob >R
Kelvin Grove	C*	-0,17	0,7
	N*	-0,13	0,7
Gorono	C	-0,3	0,8
	N	-0,15	0,7
PN de Hwange	C	-0,9	0,5
	N	-0,4	0,6
Mukuvisi réserve	C	ND**	ND
	N	ND	ND
Mukuvisi témoin	C	ND	ND
	N	ND	ND

\* C : teneur en carbone organique foliaire

N : teneur en azote organique foliaire

\*\* ND : n'était beaucoup trop faible pour permettre les calculs de probabilité.

Tableau 4. Caractéristiques des régimes alimentaires (saison sèche) des herbivores considérés.

Site	Espèce	Régime Alimentaire		Références
		Part des ligneux (%)	Part des herbacées (%)	
Kelvin Grove	Impala	76	24	Ducornez (1994)
	Grand koudou	90	10	
Gonono	Impala	80	20	Fritz (Comm. pers)
	Grand koudou	100	0	
PN de Hwange	Impala	20	80	Fritz (Comm. pers)
	Grand koudou	100	0	
Mukuvisi Woodland	Impala	20	80	Fritz (Comm. pers)
	Elan du Cap	70	30	

Tableau 4'. Indice d'abrouissement moyen (IA), densités brute et ajustée par site.

Site	IA (%)	Densité brute (/ha)	Densité ajustée (/ha)
Kelvin Grove	87,4	0,135	0,107
Gonono	55,8	0,011	0,01
PN de Hwange	63,5	0,03	0,015
Mukuvisi Woodland	72,8	1,554	0,354

Qu'il s'agisse de la densité brute ou ajustée en herbivores, l'analyse statistique a démontré une corrélation significative entre la densité en herbivores présents sur un site et l'IA relevé sur les arbres du site correspondant ( $P \leq 0,0002$ , Fig. 10).

### III. 1. 4 CONCLUSION

L'IA ne semble pas relié à la composition chimique des feuilles. Cependant, alors que les teneurs en carbone organique foliaires sont relativement homogènes dans les 4 sites, il est intéressant de noter que la teneur en azote organique foliaire des arbres prélevés à Hwange est remarquablement faible (cf. Fig. 9). La date de prélèvement sur ce site, plus tardive, pourrait expliquer ce constat; les feuilles récoltées sont nettement plus âgées que celles des autres sites.

Aucune corrélation entre l'IA mesuré sur les arbres d'un site donné et la densité en herbivores présents sur ce site n'a pu être établie. Le gradient des densités en herbivores (brutes ou ajustées) des sites n'est effectivement pas exactement identique à celui des indices d'abrutissement relatifs. Cependant, il existe une corrélation très significative entre IA et densité en herbivores, sites indifférenciés.

Le principal facteur limitant de cette comparaison inter - sites reste le nombre d'échantillons. Néanmoins, cette première approche avait pour objectif d'identifier, de façon globale, les éventuels critères susceptibles d'influencer la valeur de cet indice. Le système herbivore - plante étant très complexe et soumis à une source intarissable d'interactions, il demeure indispensable malgré tout de préciser les données climatiques (températures, pluviométrie) au même titre que les facteurs édaphiques (nature, texture, structure du sol, contenu en nutriments). Les inclure dans une analyse multi-factorielle permettrait d'affiner les résultats.

Soumis à la forte hétérogénéité des facteurs pouvant interférer dans la valeur de l'IA mesuré sur 4 sites différents, l'IA semble rendre directement compte des densités en herbivores. Le site de Kelvin Grove ayant été amplement étudié, il est apparu intéressant de tester la fiabilité de l'IA, lorsqu'il est confronté, cette fois, à une hétérogénéité d'une autre échelle, celle de ce site.

## Chapitre 2

# Comparaison intra-site Ranch de Kelvin Grove

---

### III. 2. 1. INTRODUCTION

Sur le ranch de Kelvin Grove, deux sites distincts (1 et 2) ont été pris en considération (Cf. Partie II, Cadre méthodologique). Les transects de végétation réalisés en juin 1999 ont permis d'identifier deux espèces ligneuses dominantes en nombre (*Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica*).

Pour cerner l'importance qu'elles occupent dans le régime alimentaire des herbivores brouteurs, Fritz, en 1995 (a), a utilisé l'indice d'acceptabilité de site, établi par Owen-smith & Cooper (1987a), qui correspond au nombre de sites où une espèce donnée est consommée rapporté au nombre de sites que cette espèce occupe. Il a démontré que les espèces *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica* présentaient un fort indice d'acceptabilité pour les koudous et les impalas (respectivement sur l'année, 0,33 et 0,35 pour les koudous, 0,45 et 0,62 pour les impalas).

En accord avec les conclusions de Walker (1980) et de Fritz (1995a), ces deux ligneux constituent ainsi les espèces-clés préférées des deux herbivores (impalas et koudous).

Cette approche intra-site devrait déterminer les influences d'une variabilité spécifique (*Dichrostachys cinerea* / *Acacia nilotica*) au sein d'une hétérogénéité intra-site (Site 1 / Site 2) sur les valeurs de l'IA.

### III. 2. 2. MATERIEL ET METHODES

\* Pour rappel, les deux sites furent des champs cultivés de sorgho et laissés à l'abandon, le premier en 1996 (Site 1) et le second en 1995 (Site 2). Tous deux appartiennent à la zone de savane à *Acacia* spp.

\* Lors de la réalisation des transects de végétation, les IA des individus des espèces *Acacia nilotica* et *Dichrostachys cinerea* ont été relevés et constituent la base de données utilisée pour les analyses statistiques ci-après.

\* Pour ce qui concerne les analyses chimiques, des feuilles ont été récoltées sur 5 arbres *Dichrostachys cinerea* et, ce, sur chaque site.

### III. 2. 3. ANALYSE DES RESULTATS

#### *III. 2. 3. a - Espèces et sites indifférenciés*

Avant de distinguer les caractéristiques inhérentes à chaque site, une approche globale, au niveau du ranch de Kelvin Grove, est proposée.

◆ L'IA observé sur les arbres du site 1 diffère de celui observé sur les arbres du site 2 (Fig. 11) : . Les arbres (espèces indifférenciées) du site 2 sont plus broutés que ceux du site 1.

◆ Constate-t-on une différence significative d'abrouissement entre *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica*, les deux espèces les plus représentées ? Oui (Fig. 12), la première espèce présente un IA plus élevé que la seconde (respectivement 54,9 % contre 33,9 % ; sites indifférenciés).

#### *III. 2. 3. b - Site 1 vs Site 2*

##### ✓ INDICE D'ABROUISSEMENT

Les résultats précédents laissaient présager des différences significatives observées entre les deux espèces ligneuses (Tableau 5) : pour chacune d'elle, l'IA est plus fort sur le Site 2.

Par contre, au sein d'un même site, il n'existe pas de différence d'IA entre *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica* (Site 1 :  $P = 0,051$  ; Site 2 :  $P = 0,18$ ).

##### ✓ COMPOSITION CHIMIQUE

(1) La composition chimique des feuilles prélevées sur *Dichrostachys cinerea* se distingue-t-elle d'un site à l'autre ? Oui (Fig. 13). Les teneurs en carbone et en azote organiques foliaires du Site 1 se révèlent être significativement différentes de celles du Site 2 (respectivement  $P = 0,03$  et  $0,01$ ). Autant les feuilles de *Dichrostachys cinerea* du premier site contiennent une teneur en carbone organique plus élevée, autant celles du second site sont plus riches en azote organique.

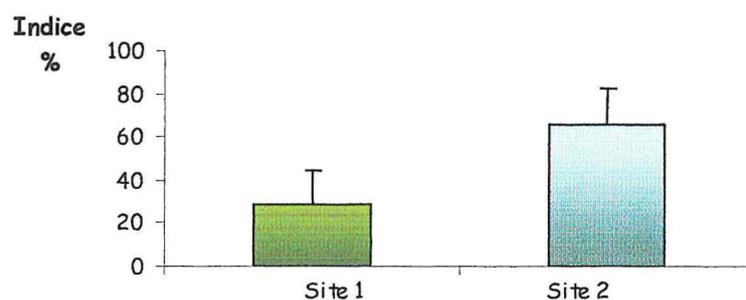


Fig. 11. Indice d'abrouissement observé sur les deux sites de Kelvin Grove (espèces indifférenciées).

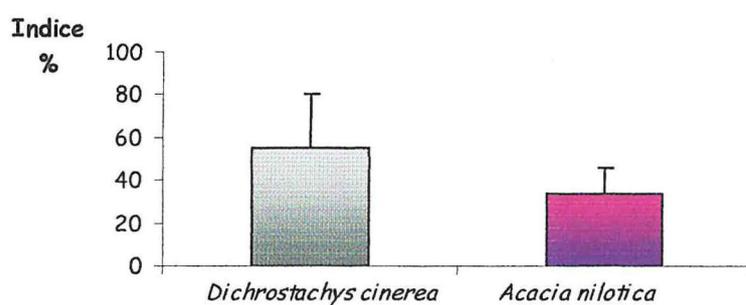


Fig. 12. Indice d'abrouissement mesuré sur les deux espèces ligneuses considérées *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica*.

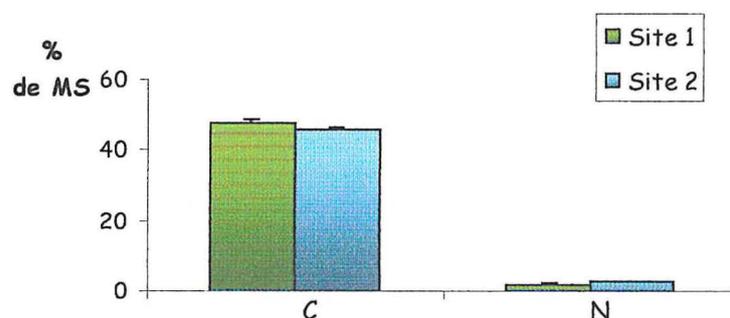


Fig. 13. Teneurs en carbone (C) et en azote (N) organiques foliaires mesurées sur les deux sites de Kelvin Grove (*Dichrostachys cinerea*).

(2) Existe-t-il une corrélation entre l'IA d'un arbre et la teneur en azote organique des ses feuilles ? Dans le Site 1, elle n'est pas significative ( $P = 0,99$ ). Dans le Site 2, la probabilité est limite ( $P = 0,06$ ).

### III. 2. 4. CONCLUSION

#### ✓ INDICE D'ABROUUISSEMENT ET SITES

D'après Ducornez (1994) et Fritz *et al.* (1996), les herbivores brouteurs, nettement plus nombreux que les herbivores paiseurs sur le Site 2, apprécient particulièrement *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica*. Ces deux espèces ligneuses subissent alors une pression d'herbivorie forte, ponctuelle puisqu'essentiellement nocturne. Sur le Site 1, la distribution des animaux est plus régulière et la population de brouteurs est équivalente à celle de paiseurs ; ceci expliquerait, en partie, pourquoi l'IA mesuré sur les arbres du Site 2 est sensiblement supérieur à celui mesuré sur les arbres du Site 1.

#### ✓ INDICE D'ABROUUISSEMENT ET ESPECES

Quel que soit le site, *Dichrostachys cinerea* présente un IA plus élevé par rapport à *Acacia nilotica*. Ce résultat est en accord avec les données de Ducornez (1994) : en comparaison avec toutes les autres espèces ligneuses composant le régime alimentaire des koudous et des impakas, *Dichrostachys cinerea* occupe la première place (Tableau 6).

Tableau 6. Proportion des espèces de ligneux dans le régime alimentaire (%) des koudous et des impakas (Ducornez, 1994).

ESPECE	<i>Dichrostachys cinerea</i>	<i>Acacia nilotica</i>
Grand koudou	15,4	7,4
Impala	31,4	20

#### ✓ INDICE D'ABROUUISSEMENT ET COMPOSITION CHIMIQUE

Bien que les compositions chimiques diffèrent d'un site à l'autre, aucune relation entre l'IA et les teneurs en composés organiques foliaires n'a pu être établie.

# Chapitre 3

## Comparaison de deux variétés de *Dichrostachys cinerea*

---

### III. 3. 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude du système herbivore- plante sur le site de Mukuvisi Woodland, une parcelle a été délimitée par une clôture électrique pour prévenir toute entrée d'herbivores. Les individus de l'espèce *Dichrostachys cinerea* ainsi protégés sont soumis à un abrouissement simulé par clipping et défoliation. Ces expériences permettront de suivre les réactions de ce couvert ligneux qui subit une pression d'herbivorie artificielle et contrôlée, en s'intéressant essentiellement aux variations de composition chimique des feuilles et des rameaux. Ce travail, démarré en saison sèche, sera poursuivi en saison des pluies par H. Leriche dans le cadre de sa thèse.

Lors de la mise en place de ce protocole, deux variétés différentes de *Dichrostachys cinerea* ont été observées, l'une à "plus larges feuilles" que l'autre (Fig. 14). D'un point de vue taxonomique, la classification et surtout l'identification de cette espèce ligneuse restent un exercice délicat. D'après Flora of Southern Africa (1975), l'espèce ligneuse *Dichrostachys cinerea* présente des feuilles de taille extrêmement variable, principal critère d'identification. Deux variétés sont généralement décrites : la première, *nyassana*, posséderait entre autres caractéristiques des foliolules de largeur supérieure ou égale à 2 mm tandis que la seconde, *africana*, présenterait des foliolules de largeur inférieure (Annexes 5 et 6).

Nonobstant l'intérêt à établir une base de données biométriques, il a été recherché, si, au sein d'un même site, ces deux variétés présentaient des appétences différentes, reflétées par des indices d'abrouissement différents.

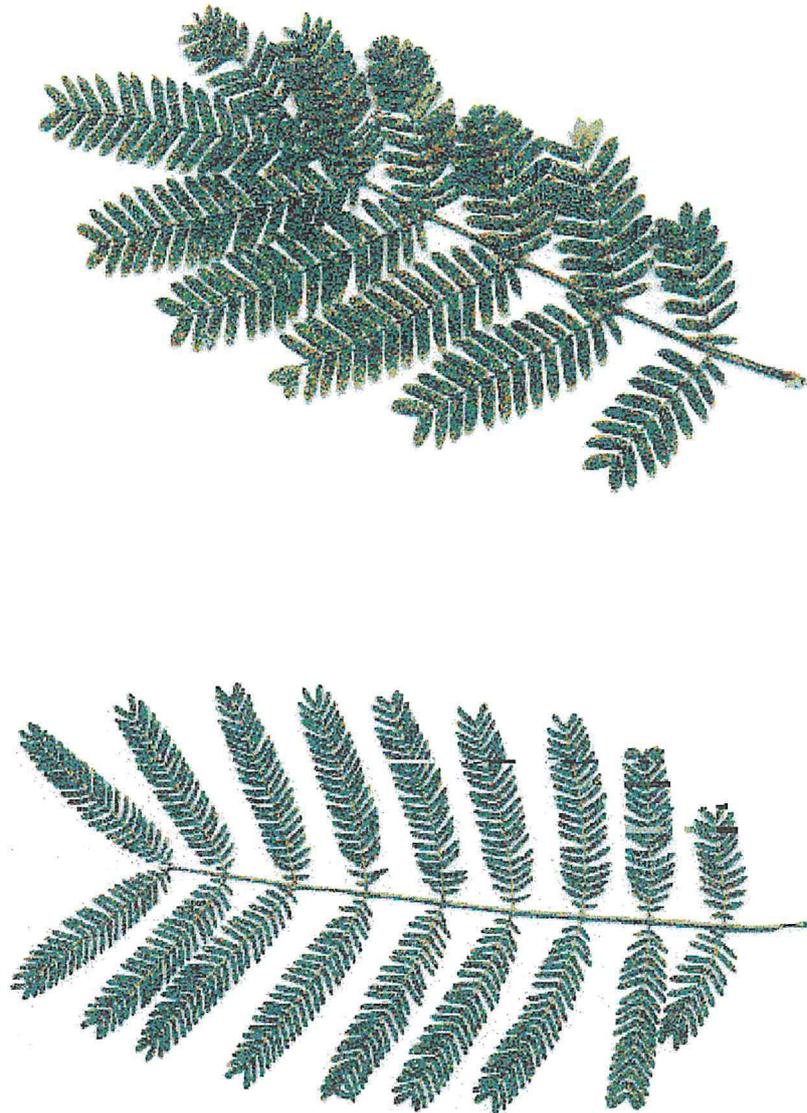


Fig. 14. Variétés de *Dichrostachys cinerea* dites à « grandes » et à « petites » feuilles, Mukuvisi Woodland.

### III. 3. 2. MATERIEL ET METHODES

#### *III. 3. 2. a- Données biométriques*

L'établissement de la base de données biométriques s'est effectué suivant le plan d'échantillonnage suivant :

- 10 individus de chaque variété (dite à "grandes feuilles" ou à "petites feuilles") ont été considérés. Ils étaient de morphologie comparable (mêmes catégories de hauteur, de diamètre et de forme).

- Sur chaque individu, 5 feuilles appartenant au domaine de consommation des herbivores brouteurs (< 1,50 m) furent prélevées.

- Pour chacune des feuilles, des mesures de la longueur des folioles, de la longueur et de la largeur des foliolules furent prises. (Fig. 15).

#### *III. 3. 2. b - Indice d'abrouissement*

L'IA a été mesuré sur les *Dichrostachys cinerea* de la parcelle expérimentale : 55 de la variété "à grandes feuilles " et 16 de la variété "à petites feuilles" (Annexe 7). Ces arbres présentent des caractéristiques morphologiques contrastées (hauteur / diamètre / forme : type sphère, colonne ou parasol).

#### *III. 3. 2. c - Composition chimique foliaire*

En raison du temps conséquent nécessaire aux analyses chimiques, seuls des résultats partiels seront présentés. Cependant, la prise en considération de tous les prélèvements récoltés au cours de la réalisation du protocole mis en place à Mukuvisi Woodland permettra, ultérieurement, d'augmenter le nombre d'échantillons et de rendre l'analyse statistique plus révélatrice.

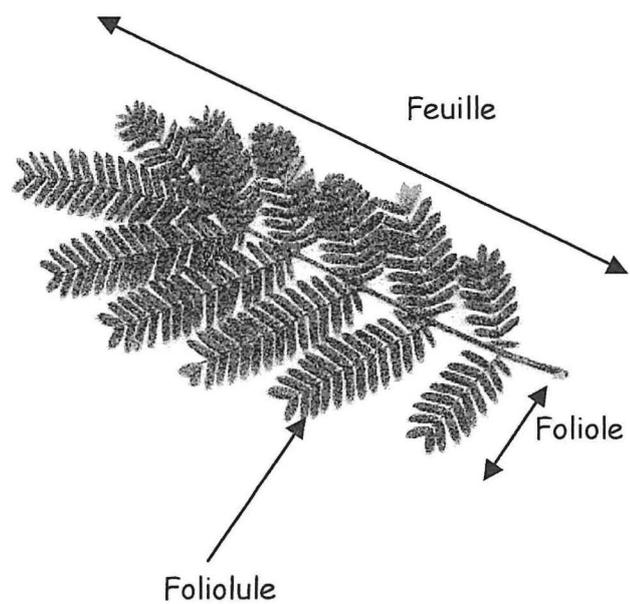


Fig. 15. Description d'une feuille de *Dichrostachys cinerea*.

### III. 3. 3. ANALYSE DES RESULTATS

#### *III. 3. 3. a - Données biométriques*

Le modèle statistique établissant la variété comme facteur de différenciation et les mesures biométriques comme variables est explicatif (Tableau 7). Il a révélé des résultats significatifs pour les trois variables considérées. La longueur des folioles, la longueur et la largeur des foliolules sont incontestablement plus importantes chez la variété dite "à grandes feuilles" comparées à celles observées chez la variété dite "à petites feuilles" (Fig. 16).

#### *III. 3. 3. b - IA et variété*

En réalisant les mesures d'IA des arbres, il a semblé, de prime abord, que la consommation par les herbivores de ces deux variétés était différente. Pourtant, il n'existe pas de relation significative entre l'IA et les variétés "à grandes feuilles" ou "à petites feuilles" ( $P= 0,52$ ) et, cela, même en classant les arbres par catégorie de hauteur ( $P= 0,25$ ).

#### *III. 3. 3. c Composition chimique des feuilles*

Peut-on établir un critère de différenciation de ces deux variétés qui serait basé sur la variabilité des teneurs en carbone et azote organiques des feuilles ?

Non, l'analyse statistique ne révèle aucune différence de composition chimique entre les feuilles des deux variétés, qu'il s'agisse du carbone ( $P = 0,19, r^2 = 0,23$ ) ou de l'azote ( $P = 0,22, r^2 = 0,21$ ).

Tableau 7. Comparaison de variétés : caractéristiques des modèles.

Variable	ddl	Valeur de F	Prob>F	R <sup>2</sup>
Longueur des folioles	1	15,88	0,004	0,66
Longueur des foliolules	1	39,69	0,0002	0,83
Largeur des foliolules	1	79,70	0,0001	0,91

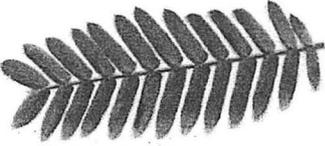
Variété	« Grandes feuilles »	« Petites feuilles »
Longueur des folioles (mm)	 $41,79 \pm 8,19$	 $30,65 \pm 6,57$
Longueur des foliolules (mm)	 $8,26 \pm 0,9$	 $5,51 \pm 0,88$
Largeur des foliolules (mm)	$2,26 \pm 0,34$	$1,28 \pm 0,21$

Fig. 16. Résultats significatifs pour les trois variables considérées (longueur des folioles, longueur et largeur des foliolules).

### III. 3. 4. CONCLUSION

L'analyse de la composition chimique des feuilles des deux variétés ne présente que des résultats partiels et sera approfondie, en prenant en compte les données du protocole de thèse mis en place à Mukuvisi Woodland.

De même, aucune relation entre l'indice d'abroutissement et l'une ou l'autre des variétés n'a pu être établie.

Par contre, les critères biométriques constituent une base excellente pour la différenciation des deux variétés, plus particulièrement les mesures relatives aux foliolules. En 1986, Cooper et Owen-Smith avaient déjà réalisé la distinction de ces deux variétés en comparant la masse foliaire et les caractéristiques des épines (Tableau 8).

Tableau 8. Caractéristiques moyennes des deux variétés de *Dichrostachys cinerea*, d'après Cooper & Owen-Smith (1986).

VARIETE	MASSE FOLIAIRE (g)	CARACTERISTIQUES DES EPINES	
		Longueur (mm)	Espacement (mm)
Petites feuilles	0,115	28	25
Grandes feuilles	0,23	19	41

*Remarque* : Lors de mes visites régulières de la parcelle site, j'ai pu constater que les arbres de la variété "à grandes feuilles" avaient commencé à perdre leurs feuilles bien avant ceux de la variété "à petites feuilles" (respectivement début juillet et début août).

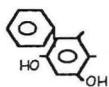
## DISCUSSION-CONCLUSION

La strate ligneuse, et surtout son évolution, traduit l'état du peuplement dans son ensemble plus nettement et plus rapidement que le peuplement herbacé. En effet, une quelconque intervention dans une savane comportant une strate ligneuse, *i. e.* changement de type d'exploitation ou de son intensité, se répercute immédiatement sur cette strate avant d'être aisément perceptible au niveau herbacé (Rogers, 1993). A long terme, la végétation ligneuse reflète beaucoup plus les conditions environnementales que la végétation herbacée, plus sensible aux petites oscillations des facteurs environnementaux, tels que la pluviosité et la température.

Les herbivores à régime alimentaire brouteur strict ou intermédiaire ne consomment qu'une petite proportion de cette biomasse végétale disponible. En raison de leurs caractéristiques anatomiques, *i. e.* taille corporelle ou dispositif buccal (Skinner *et al.*, 1984), de leurs besoins nutritifs, de leur sensibilité aux défenses végétales (Ipavec, 1999), ces animaux adaptent leur stratégie de consommation en concentrant leur activité alimentaire sur différents types de végétation, espèces végétales ou parties de plantes (Ducornez, 1994). Dans ces perspectives de valorisation des ressources locales naturelles animales et végétales, en vigueur aujourd'hui en Afrique australe et spécialement au Zimbabwe, l'étude de l'impact du comportement alimentaire de ces herbivores, exclusivement ou partiellement brouteurs, sur le fonctionnement du couvert arbustif paraît essentielle. Elle l'est d'autant plus si l'activité de consommation des animaux ne concerne qu'une faible proportion du disponible végétal (*e. g.* nombre d'espèces végétales consommées rapporté au nombre total d'espèces végétales).

L'indice d'abrouissement, appliqué à *Dichrostachys cinerea*, l'une des espèces ligneuses préférées des herbivores pris en compte dans ce travail (grand koudou, impala et élan du Cap), a été proposé pour apprécier le niveau d'utilisation de cette ressource essentielle, particulièrement en saison sèche.

Confirmer ou infirmer sa fiabilité en tant qu'outil adapté à des perspectives de gestion de la ressource ligneuse induisait cette approche préliminaire, ayant pour seule vocation d'appréhender ses relations avec un facteur chimique (teneur en composés organiques des feuilles consommées par les herbivores) et surtout avec un facteur biologique (densité de ces herbivores).



L'analyse de la composition chimique des feuilles de *Dichrostachys cinerea* présentée ici n'est que partielle. Il sera d'ailleurs très enrichissant de compléter les données avec les échantillons récoltés sur le site de Mukuvisi Woodland et qui seront exploités par H. Leriche dans le cadre de sa thèse.

Néanmoins, les résultats déjà obtenus ouvrent les portes de la discussion. En effet, même si l'indice d'abrouissement ne reflète pas directement la variabilité de la qualité nutritionnelle des feuilles, estimée par leurs teneurs en azote et en carbone organiques, il est étonnant de constater que, sur le ranch

de Kelvin Grove, le plus fort indice d'abrouissement correspond au site où les feuilles contiennent la plus haute teneur en azote organique. D'après Van Rooyen (1992) et Augustine & McNaughton (1998), l'azote agit comme un attractif pour les herbivores, dans le sens où le contenu protéique est positivement corrélé à l'acceptabilité des plantes par les mammifères herbivores. De manière générale, les herbivores sélectionnent les espèces ou les parties de la plante offrant des contenus protéiques élevés (Belovsky, 1984 ; Pastor & Cohen, 1997).

La matière azotée, indispensable pour la croissance des végétaux et des animaux, intervient dans la composition des protéines, des vitamines, des enzymes. Élément essentiel des processus digestifs et physiologiques, l'azote est à la base des synthèses protéiques réalisées par les bactéries et les micro-organismes des ruminants. Durant la saison sèche, période de faible abondance de ressource, les herbivores sauvages doivent principalement faire face à des carences en protéines dans leur alimentation (Zimmermann, 1980 in Fritz, 1995a). L'apport protéique en provenance de la ressource herbacée diminuant, l'ingestion de ligneux, riches en protéines, devient compensatoire, surtout pour les impalas, à régime alimentaire intermédiaire. Ceci expliquerait partiellement pourquoi *Dichrostachys cinerea* et *Acacia nilotica* constituent des espèces-clés. Chez *Dichrostachys cinerea*, la teneur moyenne en azote organique a été estimée à  $2,28 \pm 0,82$  % de la matière sèche, tous sites d'étude confondus. D'après Fritz (1995b), celle d'*Acacia nilotica* s'élèverait à 1,88 % de la matière sèche. Ces deux valeurs demeurent nettement supérieures à celle de 1,65 % de la matière sèche des feuilles de deux autres espèces ligneuses également très appréciées des herbivores : *Colophospermum mopane* (Styles & Skinner, 1997) et *Acacia rehmanianna* (Ducoirez, 1994 ; Fritz, 1995a).

D'autre part, la variabilité des teneurs en composés organiques foliaires de *Dichrostachys cinerea* existe tant au niveau intra-site (ranch de Kelvin Grove) qu'au niveau inter-sites, répartis dans différentes régions du Zimbabwe. Une des perspectives de recherche consisterait à expliquer ces variations : une teneur faible est-elle la conséquence d'une pluviosité médiocre, d'un sol pauvre en nutriments ?

De plus, peut-on rapprocher cette variabilité de celle de l'indice d'abrouissement ? En d'autres termes, des feuilles contenant des teneurs importantes en composés organiques sont-elles systématiquement plus appréciées ? Et pourtant, l'une des conséquences de l'herbivorie n'est-elle pas aussi de stimuler la production primaire (i. e. cas de la strate graminéenne des savanes du Serengeti, McNaughton, 1985 in de Mazancourt, 1998) ?

Les deux variétés de *Dichrostachys cinerea* observées à Mukuvisi Woodland ne présentent aucune différence ni de composition chimique ni de degré d'utilisation. Pourtant, il aurait été compréhensible d'observer un fort indice d'abrouissement sur les arbres de la variété dite "à grandes

feuilles". En 1980, Dunham, qui étudia le comportement alimentaire de l'impala, conclut que la taille moyenne des bouchées était directement proportionnelle à la biomasse foliaire. Or, selon la théorie de la "consommation optimale" (*optimal foraging*, ; Belovsky, 1997), cette variété devrait être plus recherchée que la variété dite "à petites feuilles".

Si ce résultat n'a pu être obtenu, alors l'hypothèse d'un système de défense efficace demande à être testée. D'après les travaux de Cooper *et al.* (1988), l'appétance du feuillage des plantes ligneuses pour les herbivores brouteurs n'est pas contrôlée par un unique facteur chimique mais surtout par le rapport entre les contenus en nutriments (e. g. protéines) et ceux en métabolites secondaires (*i. e.* tanins condensés).

*A priori*, l'influence des épines (plus longues et moins espacées chez la variété "à petites feuilles", Cooper & Owen-Smith, 1986) ne semble pas confirmée. Par contre, la recherche de ces composés secondaires, agents de la défense chimique (*i. e.* tanins condensés ou hydrolysables, toxines), sera menée ultérieurement et devrait révéler l'importance d'une telle défense chez *Dichrostachys cinerea*. En 1985, Cooper & Owen-Smith affirmaient déjà que cette espèce présentait une concentration en polyphénols (inhibiteurs enzymatiques) conséquente.



L'indice d'abrouissement mesuré sur cette espèce ligneuse d'un site est corrélé avec la densité en herbivores. Cependant, au sein de chaque site, aucune corrélation n'a pu être établie. Pourquoi ?

En premier lieu, l'une des principales limites réside dans le nombre restreint d'échantillons récoltés par site, déjà évoquée dans la partie précédente. Cette contrainte doit inciter à déterminer le nombre minimal de prélèvements par site requis pour appréhender rigoureusement la notion d'indice. (Question de statistiques...!)

La seconde source d'erreurs, et non des moindres, est la validité des estimations des densités en herbivores proprement dites. Les valeurs utilisées pour cette étude correspondent principalement à des résultats de comptages. Toutefois, les méthodes employées diffèrent les unes des autres et l'homogénéité des densités ne s'en trouve que plus diminuée. L'idéal serait de disposer de données provenant de méthodes de comptage complémentaires, simultanées et effectuées sur la même zone : comptages aériens, aux points d'eau, transects à pied, en voiture, de jour, de nuit ...

Ajouté à cela, l'indice d'abrouissement n'est pas exhaustif et ne prend pas en compte, par exemple, la consommation de la litière de feuilles par les impalas et les grands koudous (Owen-Smith & Cooper, 1985).

D'après Chardonnet *et al.* (1995), "l'écologie des grands herbivores africains est intimement liée à la végétation - une végétation qui représente la ressource primaire principale de la majorité des écosystèmes". Leur comportement alimentaire représente un des principaux moyens d'exploitation de la ressource végétale, ressource dont l'abondance et la disponibilité sont souvent tenues pour facteurs régulant les populations de grands herbivores généralistes (Belovsky, 1986).

Bien que la consommation de la ressource ligneuse soit à son maximum durant la saison sèche, les herbivores sauvages, tout comme le bétail, incorporent du matériel ligneux dans leur régime alimentaire tout au long de l'année (Fritz *et al.*, 1994). Il apparaît donc indispensable de ne pas le négliger, comme c'est le cas dans le District de Guruve, auquel appartient le ranch de Gonono, où seule la strate herbacée est considérée (Ivy, 1998).

La mise au point d'un outil de gestion, en l'occurrence le perfectionnement de l'indice d'abrouissement, devrait permettre d'optimiser l'utilisation de la strate ligneuse. Il procurerait, entre autres, les moyens d'intégrer la disponibilité en fourrage ligneux dans la détermination des capacités de charges.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Aubin, S. 1997. De la terre, des animaux et des hommes. Diagnostic d'un système agraire dans la Moyenne Vallée du Zambèze. Diplôme d'Agronomie Appliquée et d'Agronomie Tropicale. CIRAD-EMVT, CNEARC-ESAT, ENSAM. 95 p.
2. Aucamp, A. J. 1976. The role of browser in the bushveld of the Eastern Cape. *Proceedings of Grassland, Society of South Africa*, 11 : 135-138.
3. Augustine, D. J. & McNaughton, S. J. 1998. Ungulate effects on the functional species composition of plant communities : herbivore selectivity and plant tolerance. *Journal of Wildlife Management*, 62 (4) : 1165-1183.
4. Barbault, R. 1995. Ecologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère. 3<sup>ème</sup> édition, Ed. Masson, Paris. 275 p.
5. Belovsky, G. E. 1986. Optimal foraging and community structure implications for a guild of generalist grassland herbivores. *Oecologia*, 70 : 35-52.
6. Belovsky, G. E. 1997. Optimal foraging and community structure : the allometry of herbivore food selection and competition. *Evolutionary Ecology*, 11 : 641-672.
7. Bengström, R. & Skarpe, C. 1999. The abundance of large wild herbivores in a semi-arid savanna in relation to seasons, pans and livestock. *African Journal of Ecology*, 37 : 12-26.
8. Bodmer, R. E. 1990. Ungulates frugivores and the browser - grazer continuum. *Oikos*, 57 : 319-325.
9. Bourgarel, M. 1997. Evaluation, suivi et valorisation par la chasse sportive de la grande faune dans le cadre du projet "Conservation de la biodiversité dans la Moyenne Vallée du Zambèze". Rapport de stage de DESS, CIRAD-EMVT, Montpellier. 123 p.
10. Bowler, C. 1993. Aerial census of elephant and other large mammals in north-west Matabeleland, Zambezi Valley and Gonarezhou National Park, Zimbabwe. Department of National Parks and Wild Life Management, Zimbabwe. 89 p.

11. Bryant, J. P., Provenza, F. D., Pastor, J., Reichardt, P. B., Clausen, T. P. & du Toit, J. T. 1991. Interactions between woody plants and browsing mammals mediated by secondary metabolites. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22 : 431-436.
12. Chardonnet, P. et al. 1995. Faune sauvage africaine : la ressource oubliée. Tomes I (416 p.) et II (288 p.). CIRAD-EMVT, IGF.
13. Chardonnet, P., Le Bel, S., Coid, C., Poilecot, P., Klotz, S., Vagnini, A. & Kleitz, G. 1998. Ranch communal de gibier dans le Ward de Gonono - Etude de Faisabilité. CIRAD-EMVT, Montpellier, France. 110 p.
14. Coates-Palgrave, K. 1995. Trees of Southern Africa. Struik Publishers, second revised edition, 959 p.
15. Coe, M. J., Cumming, D. H. M. & Phillipson, J. 1976. Biomass and production of large African herbivores in relation to rainfall and primary production. *Oecologia*, 22 : 341-354.
16. Cooper, S. M. & Owen-Smith, N. 1985. Condensed tannins deter feeding by browsing ruminants in a South African savanna. *Oecologia (Berlin)*, 67 : 142-146.
17. Cooper, S. M. & Owen-Smith, N. 1986. Effects of plant spinescence on large mammalian herbivores. *Oecologia (Berlin)*, 68 : 446-455.
18. Cooper, S. M., Owen-Smith, N. & Bryant, J. P. 1988. Foliage acceptability to browsing ruminants in relation to seasonal changes in the leaf chemistry of woody plants in a South African savanna. *Oecologia*, 75 : 336-342.
19. Davison, T. 1998. Wankie, the story of a great Game Reserve. Thorntree Press. Nouvelle édition, 267 p.
20. de Garine-Wichatitsky, M. 1993. Comparaison des préférences d'habitat des herbivores sauvages et domestiques sur un ranch mixte du Zimbabwe. Rapport de stage de DESS. CIRAD-IEMVT, Maisons-Alfort. 78 p.

21. de Mazancourt, C. 1998. Effets indirects des herbivores sur les producteurs primaires par recyclage des nutriments : conséquences fonctionnelles et évolutives. Thèse de Doctorat 'Ecologie', Université de Paris VI, France. 277p
22. Ducornez, S. 1994. Etude du système herbivore - plante dans un ranch mixte du Zimbabwe. Rapport de stage DESS, CIRAD-IEMVT, Maisons-Alfort, France. 47 p.
23. Dunham, K. M. 1980. The feeding behaviour of a tame impala *Aepyceros melampus*. *African Journal of Ecology*, 18 : 253-257.
24. Dunham, K. M. 1982. The foraging behavior of impala *Aepyceros melampus*. *South African Journal of Wildlife Research*, 12 : 36-40.
25. du Toit, J. T. & Owen-Smith, N. 1989. Body size, population metabolism, and habitat specialization among large African herbivores. *The American Naturalist*, 133 : 736-740.
26. du Toit, J. T. 1990. Giraffe feeding on *Acacia* flowers : predation or pollination? *African Journal of Ecology*, 28 : 63-68.
27. FAO, Prévisions pour l'an 2000. FAOSTAT database. Source Internet : "<http://apps.fao.org>".
28. Flint, R. F. & Bond, G. 1968. Pleistocene sand ridges and pans in western Rhodesia. *Geological Society of America Bulletin*, 79 : 299-314.
29. Flora of Southern Africa, 1975. Vol. 16, Part I, Ed. J. H. Ross. In collaboration with the Republic of South Africa, Lesotho, Swaziland and South West Africa 159 p.
30. Fritz, H. & de Garine-Wichatitsky, M. 1996. Foraging in a social antelope : effects of group size on foraging choices and resource perception in impala (*Aepyceros melampus*). *Journal of Animal Ecology*, 65 : 736-742.
31. Fritz, H. & Duncan, P. 1994. On the carrying capacity for large ungulates of African savanna ecosystems. *Proceedings of the Royal Society of London, B*, 256 : 77-82.

32. Fritz, H. 1993. Comparative ecology of wild and domestic herbivores project. Working Document and Project Report. CIRAD-EMVT, Harare : 34 p.
33. Fritz, H. 1994. Projet Ecologie comparée faune sauvage - herbivores domestiques. Appui aux productions animales dans les systèmes de production traditionnels des zones communales du Zimbabwe. Rapport d'activité, CIRAD-EMVT : 84 p.
34. Fritz, H. 1995a. Etude des systèmes mixtes d'herbivores sauvages et domestiques en savane africaine : structure des peuplements et partage de la ressource. Thèse de Doctorat 'Sciences de la Vie', Université de Paris VI, France. 2 volumes, 476 p.
35. Fritz, H. 1995b. Comparative ecology of wild and domestic herbivores project, ADA Battlefield Complex, Mashonaland West. Executive summary and management guidelines. CIRAD-EMVT & ADA, Harare, Zimbabwe. 13 p.
36. Fritz, H., de Garine-Wichatitsky, M. & Letessier, G. 1996. Habitat use by sympatric wild and domestic herbivores in an African savanna woodland : the influence of cattle spatial behaviour. *Journal of Applied Ecology*, 33 : 589-598.
37. Frost, S. K. 1981. Food selection in young naive impala *Aepyceros melampus*. *South African Journal of Zoology*, 16 : 123-124.
38. Greaves, N. 1996. Hwange, retreat of the elephants. Southern Book Publishers. 134 p.
39. Hibert, F. 1998. Mise en place d'une méthode de comptage de grands herbivores sauvages en Afrique australe. Mémoire de fin d'études. Diplôme d'Agronomie Approfondie en Génie de l'Environnement, Préservation et Aménagement des Milieux. ENSAR, Rennes. 42 p.
40. Hofmann, R. R. & Stewart, D. R. M. 1972. Grazer or browser : a classification based on the stomach structure and feeding habits of east african ruminants. *Mammalia*, 36 : 226-240.
41. Hofmann, R. R. 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants : a comparative view of their digestive systems. *Oecologia*, 78 : 443-457.

42. **Ipavec, A.** 1999. Les stratégies de défense végétale : plantes ligneuses - herbivores. Synthèse bibliographique, DESS, CIRAD-EMVT, Montpellier. 36 p.
43. **Ivy, P.** 1998. Land use in Ward 10 and evaluation of carrying capacity Wards 2,3,4,5,9 and 10. dande Communal Land, Guruve District, Zimbabwe. RTTCP (Regional Tsetse and Trypanosomosis Control Programme). 26 p.
44. **Owen-Smith, N. & Cooper, S. M.** 1985. Comparative consumption of vegetation components by kudus, impalas and goats in relation to their commercial potential as browsers in savanna regions. *South African Journal of Science*, 81 : 72-75.
45. **Owen-Smith, N. & Cooper, S. M.** 1987a. Palatability of woody plants to browsing ruminants in a South African savanna. *Ecology*, 68 (2) : 319-331.
46. **Owen-Smith, N. & Cooper, S. M.** 1987b. Assessing food preferences of ungulates by acceptability indices. *Journal of Wildlife Management*, 51 (2) : 372-378.
47. **Pansu, M., Gautheyrou, J., Loyer, J. Y.** 1998. L'analyse du sol. Echantillonnage, instrumentation et contrôle. Paris, France. Ed. Masson, 497 p.
48. **Pastor, J. & Cohen, Y.** 1997. Herbivores, the functional diversity of plants species, and the cycling of nutrients in ecosystems. *Theoretical Population Biology*, 51 : 165-179.
49. **Prunier-Etienne, N.** 1985. Synthèse bibliographique sur les régimes alimentaires de quelques grands herbivores sauvages africains. L'évaluation de leurs besoins énergétiques et la production primaire des divers types de savane. Evaluation des capacités de charge correspondantes. ENGREF, FOGFAP, CIHEAM. 102 p.
50. **Rogers, C. M. L.** 1993. A woody vegetation survey of Hwange National Park. Report for the Department of National Parks and Wildlife Management, Zimbabwe. 176 p.
51. **SAS Institute Inc.** 1989. SAS / STAT user's guide. Cary, 1686 p.
52. **Skinner, J. D., Monro, R. H. & Zimmerman, I.** 1984. Comparative food intake and growth of cattle and impala on mixed tree savanna. *South African Journal of Wildlife Research*, 14 : 1-9.

53. **Styles, C. V. & Skinner, J. D.** 1997. Seasonal variations in the quality of mopane leaves as a source of browse for mammalian herbivores. *African Journal of Ecology*, 35 : 254-265.
54. **Teer, J. G.** 1991. Performance and productivity of domestic and wild herbivores. IVème Congrès International des Terres de Parcours, Montpellier, France : 1129-1133.
55. **Thomas, L.** 1983. Geomorphic evolution and river channel orientation in north-west Zimbabwe. *Proceedings of the Geographical Association of Zimbabwe*, 14 : 12-22.
56. **Van Rooyen, A. F.** 1992. Diets of impala and nyala in two game reserves in Natal, South Africa. *South African of Wildlife Research*, 22 (4) : 98-101.
57. **Vittrant, N.** 1997. Le comportement brouteur des herbivores sauvages et domestiques d'un ranch mixte du Zimbabwe. Rapport de stage de DESS, CIRAD-EMVT, Montpellier. 72 p.
58. **Walker, B. H. & Noy-Meir, I.** 1982. Aspects of the stability and resilience of savanna ecosystems. In : Huntley, B. J. & Walker, B. H. (eds). *The Ecology of Tropical Savannas*, Springer-Verlag, Berlin : 359-404.
59. **Walker, B. H.** 1979. Game ranching in Africa. *Management of semi-arid ecosystems*. Ed. B. H. Walker, pp. 55-81. Elsevier Scientific Publishing, Oxford.
60. **Walker, B. H.** 1980. A review of browse and its role in livestock production in Southern Africa. *Browse in Africa* (eds H. N. Le Houérou). Symposium Proceedings, ILCA, Addis Ababa : 7-23.

# ANNEXES

Espèce	Classe de hauteur									Couverture	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Strate arborée											
<i>Burkea africana</i>						*					4
<i>Crassocephalum rubens</i>		*									1
<i>Dichrostachys cinerea</i>					*						6
<i>Grewia decemovulata</i>					*						1
<i>Maytenus senegalensis</i>					*						1
<i>Ozoroa unguis</i>				*							1
<i>Parinari curatellifolia</i>								*			5
<i>Peltoporum africanum</i>			*	*	*	*	*	*			4
<i>Psidium guajava</i>						*					1
<i>Rhus longipes</i>				*							1
<i>Terminalia mollis</i>				*							1

Couverture arborée : 25 %

Couverture arbustive : 25-50 %

Espèce	Classe de hauteur									Couverture	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Strate herbacée											
<i>Eragrostis chapelieri</i>		*									1
<i>Eragrostis patens</i>						*					1
<i>Eragrostis viscosa</i>			*								1
<i>Euclea crispa</i>				*							1
<i>Hyparrhenia filipendula</i>					*						8
<i>Hyperthelia dissoluta</i>				*							6
<i>Kalanchoe sp.</i>			*								1
<i>Melinis repens</i>				*							1
<i>Panicum maximum</i>				*							1
<i>Perotis patens</i>			*								1
<i>Pogonarthria squarrosa</i>					*						1
<i>Rhyncosia minima</i>		*									1
<i>Richardia sp.</i>		*									1
<i>Setaria pumila</i>			*								1
<i>Sporobolus africanus</i>					*						1
<i>Stereochlaena camerooni</i>				*							1
<i>Tagetes minuta</i>				*							1
<i>Terminalia mollis</i>				*							1

Couverture herbacée : 95 %

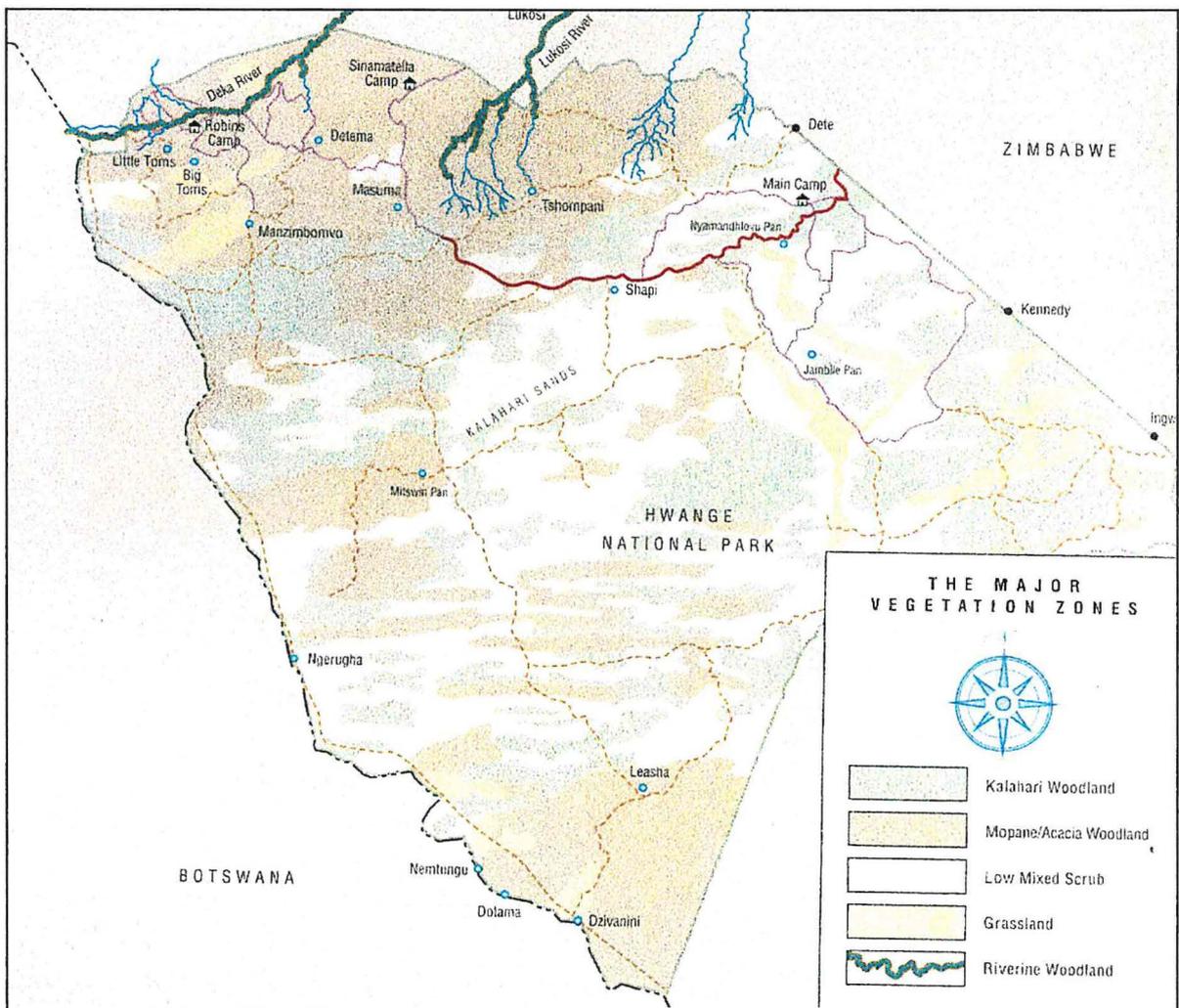
Couverture de phorbe : 5 %

	Couverture	Hauteur
1	0-0,5 %	0 à 10 cm
2	0,5-1 %	10 à 25 cm
3	1-5 %	25 à 50 cm
4	5-10 %	50 cm à 1 m
5	10-25 %	1 à 2 m
6	25-50 %	2 à 4 m
7	50-75 %	4 à 8 m
8	75-90 %	8 à 16 m
9	>90 %	>16 m

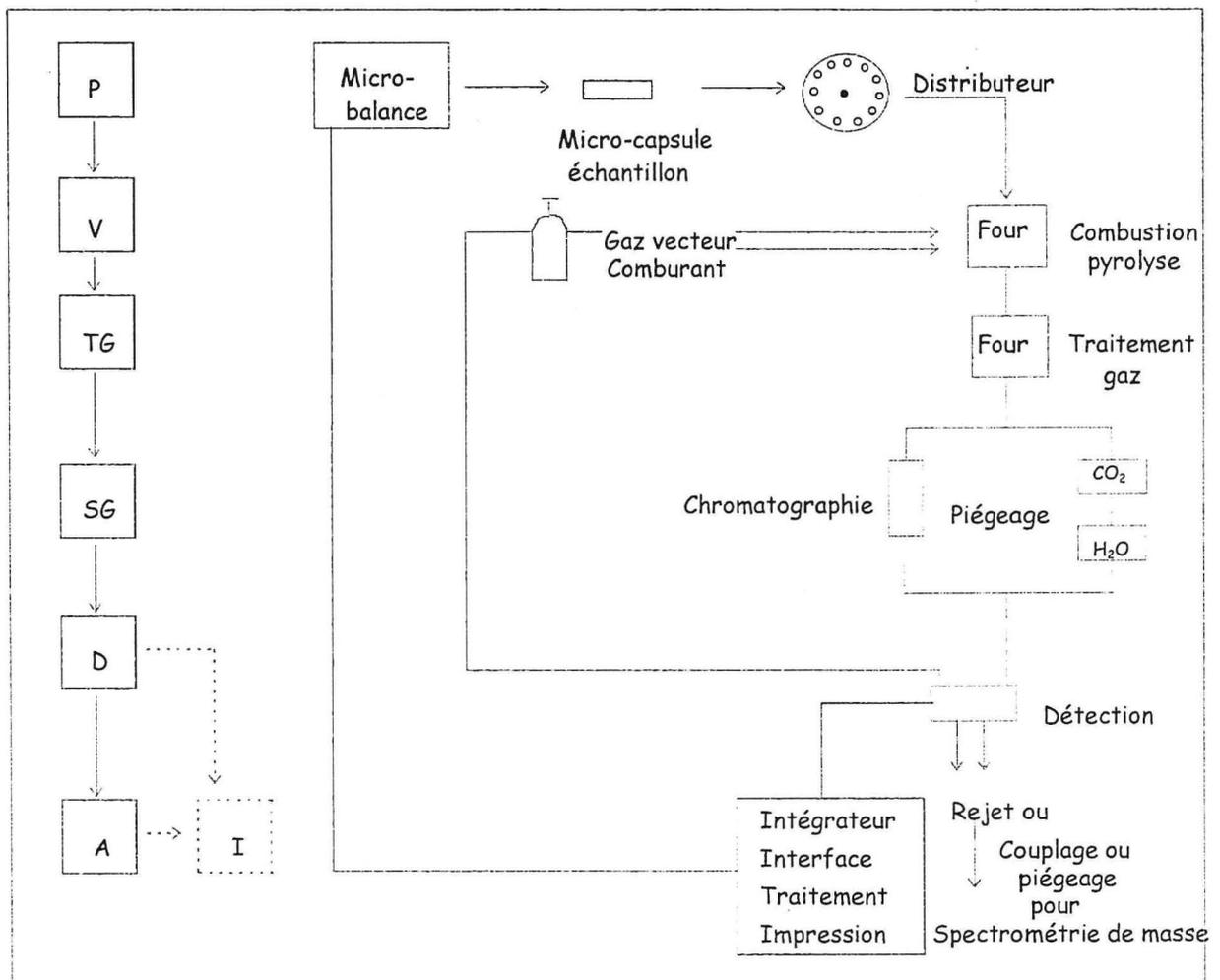
Annexe 1. Relevés de Végétation, strates ligneuse et herbacée, Mukuvisi Woodland.

Annexe 2: Classification et description des types de végétation naturelle du ranch de Kelvin Grove (d'après Fritz *et al.*, 1996).

Type de végétation	Physionomie	Espèces ligneuses dominantes	Espèces herbacées dominantes	
1A	Zone à Miombo fermé	Savane arborée et arbustive	<i>Julbernardia globifera</i> <i>Brachystegia spiciformis</i> <i>Brachystegia boehmii</i>	<i>Setaria</i> sp. <i>Heteropogon contortus</i> <i>Andropogon</i> spp.
1B	Zone à <i>Terminalia</i>	Savane arborée et arbustive	<i>Colophospermum mopane</i> <i>Terminalia sericea</i>	<i>Setaria</i> sp. <i>Heteropogon contortus</i> <i>Hypparhenia</i> spp.
2	Savane à Mopane	Savane arborée et arbustive	<i>Colophospermum mopane</i>	<i>Setaria</i> spp. <i>Heteropogon contortus</i> <i>Aristida</i> spp.
3	Zone à Miombo ouvert	Savane arborée	<i>Julbernardia globifera</i> <i>Brachystegia spiciformis</i> <i>Brachystegia boehmii</i>	<i>Setaria</i> sp. <i>Pogonarthria squarrosa</i> <i>Heteropogon contortus</i>
4	Zone à <i>Acacia</i>	Savane arbustive	<i>Acacia nilotica</i> <i>Acacia</i> spp. <i>Dichrostachys cinerea</i> <i>Terminalia sericea</i>	<i>Setaria</i> sp. <i>Hypparhenia</i> spp. <i>Digitaria</i> spp.
5	Zone à <i>Terminalia</i>	Savane arbustive	<i>Terminalia sericea</i> <i>Acacia</i> spp.	<i>Setaria</i> sp. <i>Pogonarthria squarrosa</i> <i>Hypparhenia</i> spp. <i>Aristida</i> spp.
9	Zone à <i>Acacia</i>	Forêt riveraine	<i>Acacia</i> spp.	<i>Panicum</i> spp. <i>Aristida</i> spp.



Annexe 3. Carte de la végétation du Parc National de Hwange, Greaves (1996).



- P: Etage de préparation de l'échantillon,
- V: Etage volatilisation par combustion ou pyrolyse,
- TG: Etage traitement des gaz,
- SG: Etage séparation des gaz à doser,
- D: Etage de détection,
- A: Etage acquisition des données,
- I: Analyse isotopique sur option.

Annexe 4. Schéma de principe d'un analyseur CHN (adapté de Pansu *et al.*, 1998)

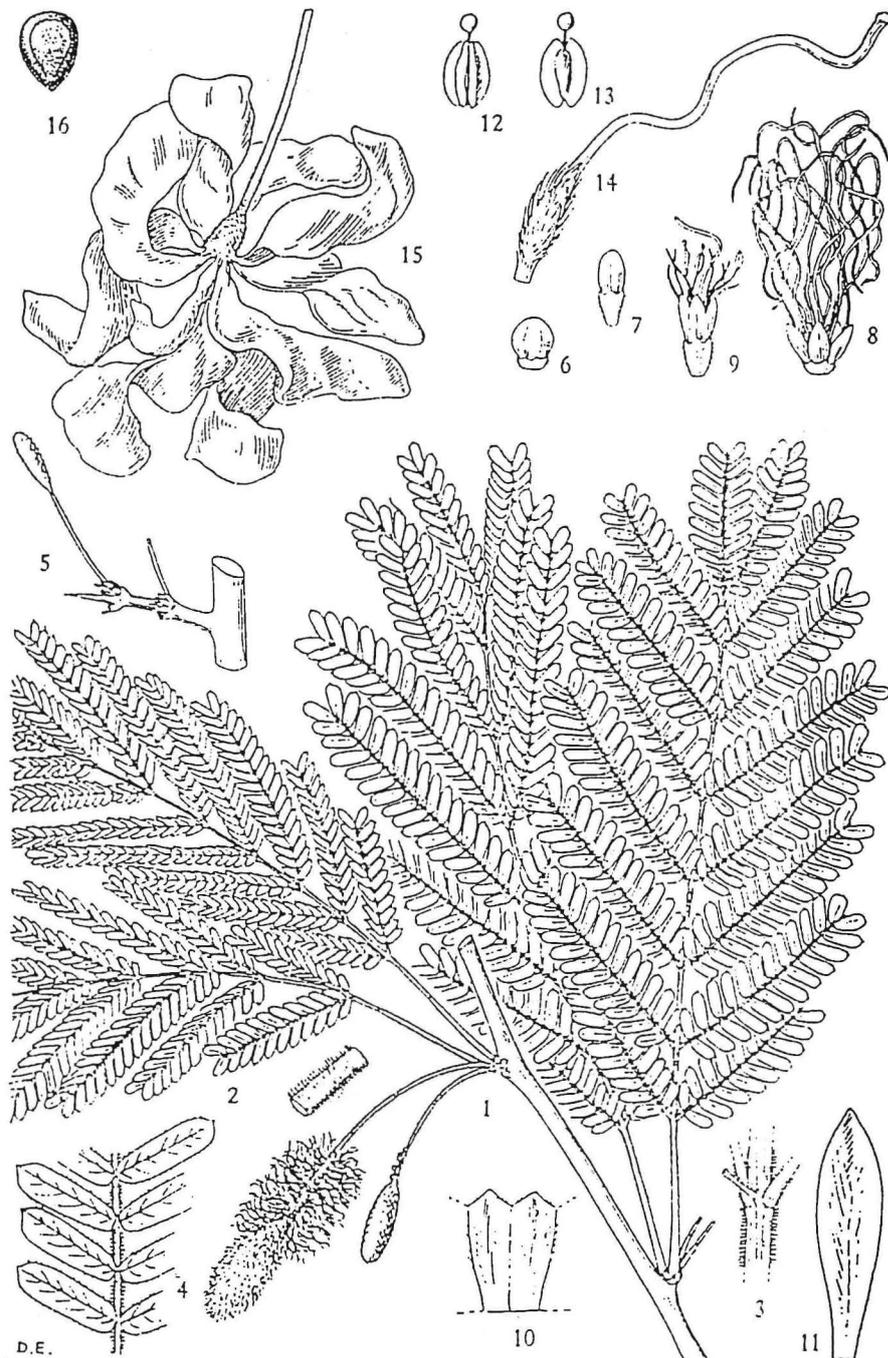


FIG. 15.—*Dichrostachys cinerea* subsp. *nyassana*. 1, flowering branch,  $\times 3$ ; 2, portion of petiole, showing indumentum,  $\times 4$ ; 3, part of rachis of leaf, showing gland,  $\times 4$ ; 4, part of pinna,  $\times 4$ , all from *Duff* 45; 5, spine,  $\times 3$ , *Lusaka Natural History Club* 162; 6, neuter flower bud,  $\times 4$ ; 7, fertile flower bud,  $\times 4$ ; 8, neuter flower,  $\times 4$ ; 9, fertile flower,  $\times 4$ ; 10, part of calyx,  $\times 12$ ; 11, corolla-lobe,  $\times 12$ ; 12 and 13, two views of anther,  $\times 12$ ; 14, ovary,  $\times 12$ , all from *Duff* 45; 15, cluster of pods,  $\times 3$ , *White* 2486; 16, seed,  $\times 2$ , *Boaler* 889. Reproduced by permission of the Editorial Board of *Flora Zambesiaca*.

Annexe 5. *Dichrostachys cinerea*, sous-espèce *nyassana*. Flora of Southern Africa (1975)

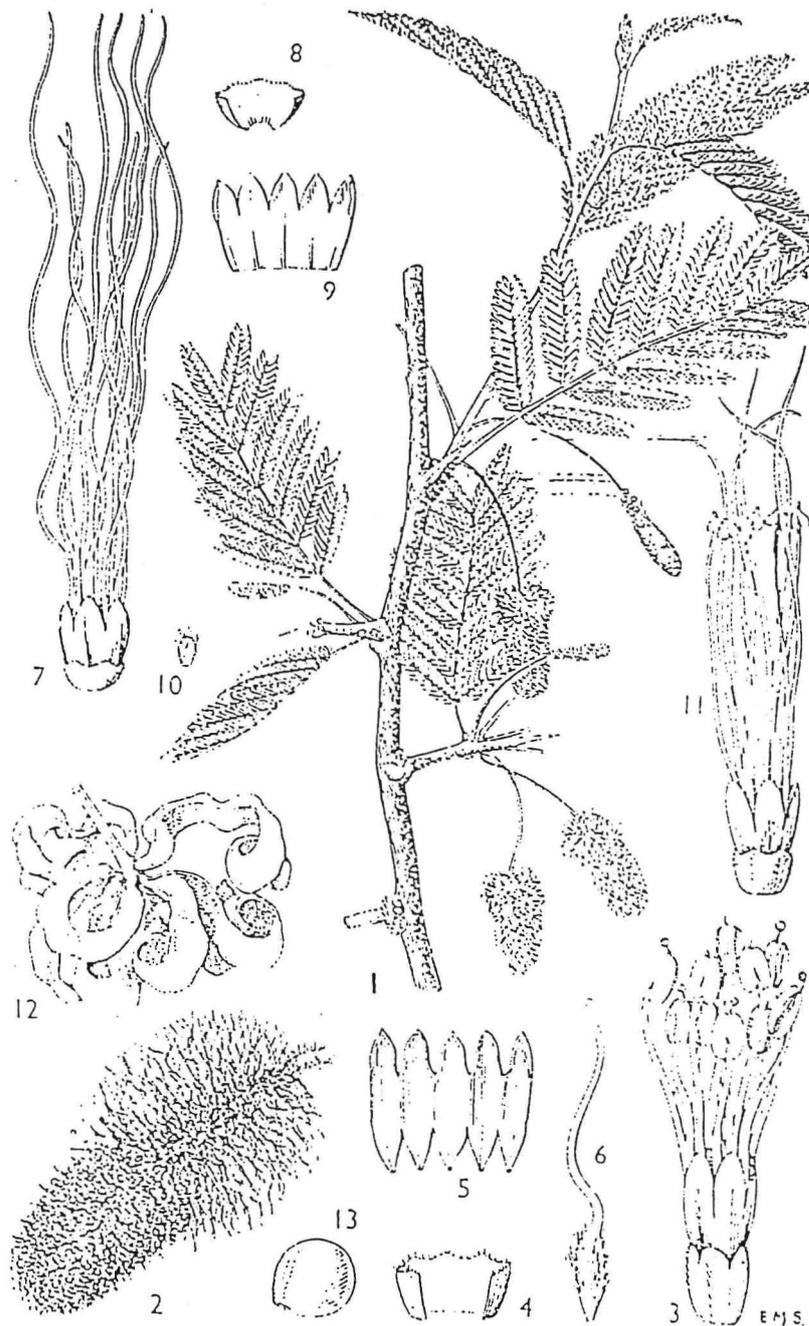
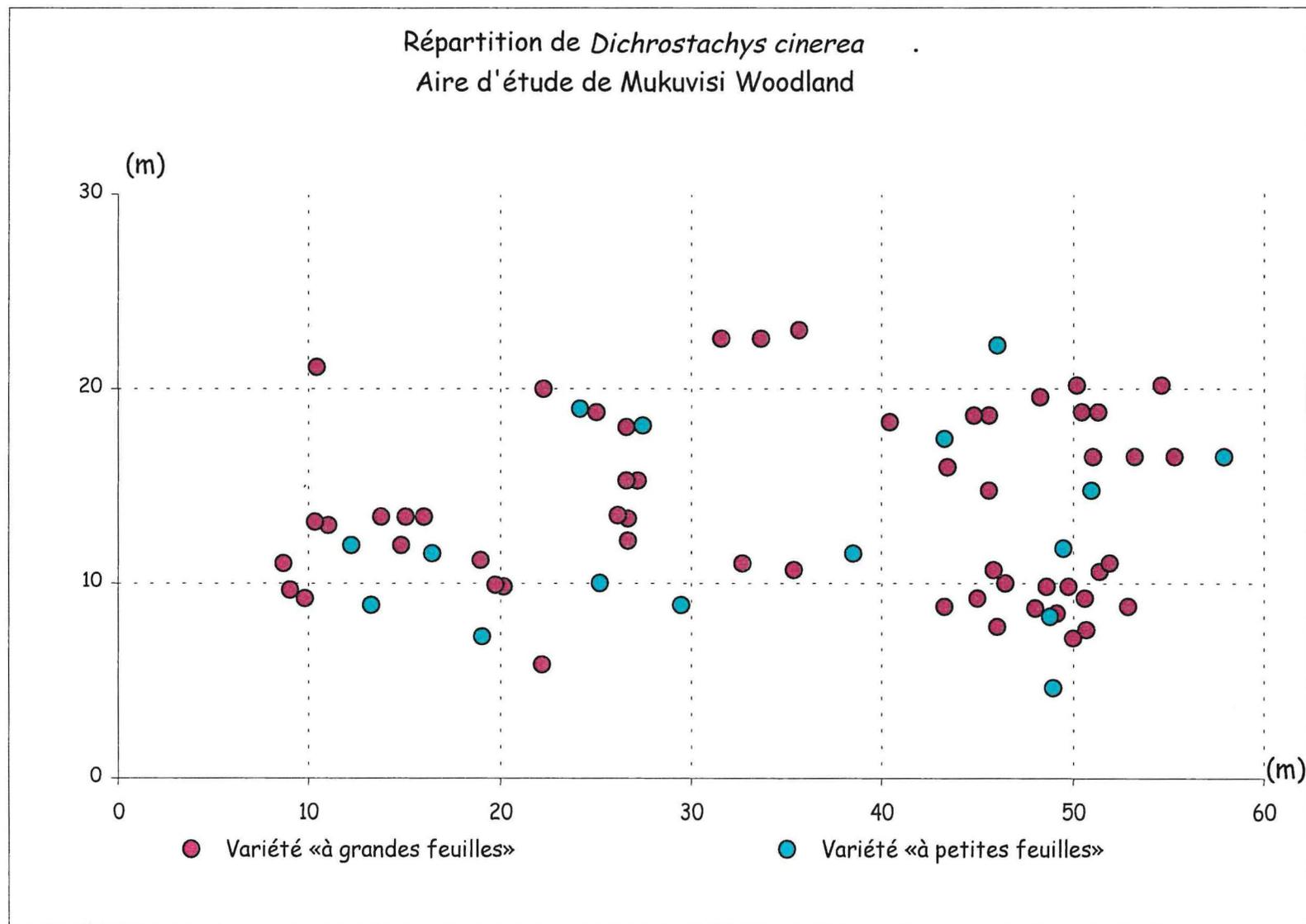


FIG. 16.—*Dichrostachys cinerea* subsp. *africana*. 1, flowering branch,  $\times 3$ ; 2, inflorescence,  $\times 2$ ; 3, fertile flower,  $\times 12$ ; 4, calyx,  $\times 12$ ; 5, corolla,  $\times 12$ ; 6, ovary,  $\times 12$ ; 7, neuter flower,  $\times 12$ ; 8, calyx of neuter flower,  $\times 12$ ; 9, corolla of neuter flower,  $\times 12$ ; 10, rudimentary ovary of neuter flower,  $\times 12$ ; 11, neuter flower showing intermediate stage in reduction of stamens,  $\times 12$ ; all from *Drummond & Hemslley* 1178; 12, cluster of pods,  $\times 3$ ; 13, seed,  $\times 3$ , both from *Burt* 1762. Reproduced by permission of the Editor of *Flora of Tropical East Africa*.

Annexe 6. *Dichrostachys cinerea*, sous-espèce *africana*. *Flora of Southern Africa* (1975)



Annexe 7. Répartition des deux variétés de *Dichrostachys cinerea* sur le site de Mukuvisi Woodland.